



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS PERBANDINGAN DTM (*DIGITAL TERRAIN MODEL*) DARI LIDAR (*LIGHT DETECTION AND RANGING*) DAN FOTO UDARA DALAM PEMBUATAN KONTUR PETA RUPA BUMI INDONESIA

NOVITA DUANTARI
NRP 3513 100 025

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS PERBANDINGAN DTM (*DIGITAL TERRAIN MODEL*) DARI LIDAR (*LIGHT DETECTION AND RANGING*) DAN FOTO UDARA DALAM PEMBUATAN KONTUR PETA RUPA BUMI INDONESIA

NOVITA DUANTARI
NRP 3513 100 025

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL ASSIGNMENT - RG141536

DTM (DIGITAL TERRAIN MODEL) COMPARATIVE ANALYSIS FROM LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING) AND AERIAL PHOTO DATA TO CREATE RUPA BUMI INDONESIA CONTOUR

NOVITA DUANTARI
NRP 3513 100 025

Supervisor
Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS PERBANDINGAN DTM (*DIGITAL TERRAIN MODEL*) DARI LIDAR (*LIGHT DETECTION AND RANGING*) DAN FOTO UDARA DALAM PEMBUATAN KONTUR PETA RUPA BUMI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Novita Duantari
NRP : 3513100025
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA

Abstrak

Digital Terrain Model (DTM) adalah deskripsi digital dari permukaan medan poin 3D. Pengertian lain tentang DTM merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli. Contoh sumber data yang digunakan untuk membuat DTM yaitu data foto udara dan data LiDAR (*Light Detection and Ranging*). DTM kemudian dapat digunakan untuk pembuatan kontur peta. Ketelitian kontur pada peta RBI diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014 .

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data LiDAR dan foto udara. Pengolahan kedua data tersebut pun memiliki perbedaan. Pengolahan data LiDAR diawali dengan proses *editing masspoint* dan menghilangkan *noise* serta *spike*. Setelah proses editing dilakukan, dilakukan pembuatan model TIN untuk mendapatkan kontur dari DTM. Sedangkan, data foto udara diolah dengan menggunakan cara *stereoplotting*. Proses *stereoplotting* ini diawali dengan pembuatan *stereomate* dan pembentukan model stereo. Hasil *stereoplotting* tersebut yang kemudian menghasilkan kontur. Setelah terbentuk kontur dari masing-masing data, dilakukan pengujian ketelitian berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014.

Hasil dari penelitian ini yaitu uji LE90 pengolahan data LiDAR sebesar 0,571 m dan foto udara sebesar 1,099 m. Berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 pada ketelitian peta skala 1:5000, hasil pengolahan data LiDAR masuk ke dalam klasifikasi kelas 1 dan foto udara masuk kelas 2. Pengambilan titik sampel menghasilkan selisih rata-rata paling besar atau perbedaan yang signifikan antara data LiDAR dan foto udara yaitu vegetasi sebesar 0,640 m. Sedangkan, untuk jalan memiliki rata-rata paling kecil sebesar 0,218 m. Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, kontur hasil *stereoplotting* lebih sederhana, bersih, dan tidak membingungkan sesuai dengan syarat peta apabila dibandingkan dengan hasil kontur LiDAR.

Kata Kunci : *Digital Terrain Model*, Foto Udara, LiDAR, Uji Ketelitian

**DTM (DIGITAL TERRAIN MODEL COMPARATIVE)
ANALYSIS FROM LIDAR (LIGHT DETECTION AND
RANGING) AND AERIAL PHOTO DATA TO CREATE
RUPA BUMI INDONESIA CONTOUR**

Name	: Novita Duantari
NRP	: 3513100025
Department	: Teknik Geomatika
Supervisor	: Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA

Abstract

Digital Terrain Model (DTM) is a digital description of terrain surface. DTM is DEM that added with elements of breaklines and observations. Data sources to create DTM are aerial photo and LiDAR (Light Detection and Ranging) data. DTM can be used to create contour map. RBI Contour accuracy can be read at Head Regulation of BIG No. 15, 2014.

This research uses LiDAR and aerial photo. LiDAR data processing are editing masspoint and remove noise and spikes. Then, made a TIN model to create contour of DTM LiDAR data. Aerial photo processing is stereoplottting. The first step from stereoplottting are create stereomate and create stereo model. The result from stereoplottting is contour. After processing of each data is accuracy testing based on Head Regulation of BIG No. 15, 2014.

The results of this research are 0,571 m from LiDAR LE90 test and 1,099 m from aerial photo. Based on Head Regulation of BIG No. 15, 2014 LiDAR processing is class 1 and aerial photo processing is class 2 for 1:5000 scale. Based on sampling result, the largest height difference between LiDAR and aerial photo in vegetation area (0,640 m) and the lowest height difference in street area (0,218 m). Based on the contour results, the stereoplottting contour results are simpler, cleaner, and less confusing. That is in

line with the map requirements when compared to the LiDAR contour results.

Keyword : Accuracy Test, Aerial Photo, Digital Terrain Model, LiDAR

**ANALISIS PERBANDINGAN DTM (*DIGITAL
TERRAIN MODEL*) DARI LIDAR (*LIGHT DETECTION
AND RANGING*) DAN FOTO UDARA DALAM
PEMBUATAN KONTUR PETA RUPA BUMI INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

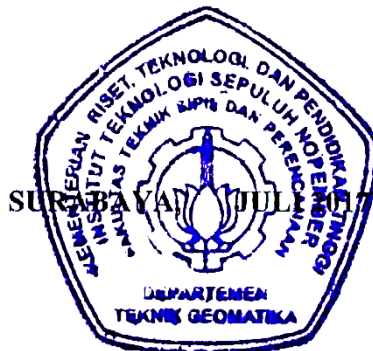
Oleh :

NOVITA DUANTARI

NRP. 3513 100 025

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA
NIP. 1969 0520 1999 03 1002



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat diberi kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Perbandingan DTM (*Digital Terrain Model*) dari LiDAR (*Light Detection and Ranging*) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia”**.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan serta dukungan yang telah diberikan atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini kepada :

1. Allah SWT atas diberi-Nya segala kemudahan, kelancaran, rahmat, serta hidayah
2. Orang tua dan Mbak Richa Purwaningsih yang selalu memotivasi, mendoakan, memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial selama pengerjaan Tugas Akhir ini
3. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS
4. Bapak Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc. DEA sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak pengarahan, bimbingan, ilmu, kesempatan, dan waktu, untuk membantu penulis
5. Bapak Yanto Budisusanto, ST., M.Eng selaku dosen wali
6. Bapak R. Yustiono, ST. dan Bapak Agus selaku pembimbing saya selama pengolahan data di PT. Waindo Specterra
7. PT Waindo Specterra dan BIG atas bimbingan dan data yang telah diberikan demi kelancaran Tugas Akhir ini
8. Teman-teman Teknik Geomatika angkatan 2013 (G15) yang telah memberikan semangat dan dukungan
9. Tim Pemandu Ekspresi (LKMM TM ITS 2017) dan Penebar Ekspresi atas semangat, dukungan, dan ekspresinya

10. Serta seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR FORMULA	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	5
2.2 DSM (<i>Digital Surface Model</i>)	6
2.3 DTM (<i>Digital Terrain Model</i>)	7
2.4 LiDAR	8
2.5 <i>Mass Point</i>	11
2.6 Fotogrametri	12
2.7 Parameter Orientasi Luar	13
2.8 <i>Stereoplotting</i>	17
2.9 Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia).....	19
2.10 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Data dan Peralatan.....	26
3.1.1 Data.....	26
3.1.2 Peralatan.....	26
3.3 Metodologi.....	26
3.3.1 Tahap Penelitian	26
3.3.2 Tahap Pengolahan Data	29
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	35

4.1 Hasil	35
4.1.1 Hasil Konversi Data DTM (<i>Digital Terrain Model</i>)..	35
4.1.2 Hasil <i>Stereo Ortho Image / Stereomate</i>	36
4.1.3 Hasil Model Stereo	38
4.1.4 Hasil <i>Plotting</i> Vektor 3D	38
4.1.5 Hasil Kontur Foto Udara	41
4.1.6 Hasil <i>Editing Masspoint, Noise, dan Spike</i> LiDAR ...	43
4.1.7 Hasil Klasifikasi Data LiDAR	44
4.1.8 Hasil Model <i>Triangulated Irregular Network</i> (TIN) ..	46
4.1.9 Hasil Pembuatan Kontur LiDAR	46
4.1.10 Hasil Uji Akurasi	48
4.2. Analisis	52
4.2.1 Analisis <i>Plotting</i> Vektor 3D	52
4.2.2 Analisis Kontur Foto Udara	54
4.2.3 Analisis Klasifikasi Data LiDAR	55
4.2.4 Analisis Model <i>Triangulated Irregular Network</i>	55
4.2.5 Analisis Kontur LiDAR	56
4.2.6 Analisis Perbandingan Kontur	56
4.2.7 Analisis Uji Akurasi.....	64
4.2.7. Analisis Titik Sampel.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Relief Medan dan Model Digital	5
Gambar 2. 2. <i>Digital Surface Model</i>	7
Gambar 2. 3. <i>Digital Terrain Model</i>	7
Gambar 2. 4. Prinsip Kerja LiDAR	9
Gambar 2. 5 Posisi Sinar Laser	11
Gambar 3. 1. Lokasi Tugas Akhir.....	25
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4. 1 Hasil Konversi Data DSM.....	35
Gambar 4. 2 Foto Udara Format .smti	36
Gambar 4. 3 <i>Stereomate</i>	37
Gambar 4. 4 Tampilan 3D Foto Udara.....	38
Gambar 4. 5 Hasil Pembuatan <i>Masspoint</i>	40
Gambar 4. 6 <i>Masspoint</i> dan Kontur Foto Udara.....	41
Gambar 4. 7 DEM Foto Udara	42
Gambar 4. 8 Kontur Foto Udara	42
Gambar 4. 9 Sebelum <i>Editing</i>	43
Gambar 4. 10 Sesudah <i>Editing</i>	44
Gambar 4. 11 Sebelum Klasifikasi	45
Gambar 4. 12 Sesudah Klasifikasi	45
Gambar 4. 13 Perbedaan TIN DTM dan DSM.....	46
Gambar 4. 14 Hasil Pembuatan Kontur LiDAR	47
Gambar 4. 15 Kontur LiDAR	47
Gambar 4. 16 Kontur Foto Udara	54
Gambar 4. 17 Perbedaan Sebelum dan Sesudah Klasifikasi	55
Gambar 4. 18 TIN DTM dan DSM.....	55
Gambar 4. 19 Kontur LiDAR	56
Gambar 4. 20 Perbandingan Kontur Foto dan LiDAR.....	57
Gambar 4. 21 <i>Overlay</i> Data LiDAR dan Foto Udara.....	61
Gambar 4. 22 Histogram Perbedaan Ketinggian	62
Gambar 4. 23 Perbedaan Ketinggian Terbesar	63
Gambar 4. 24 Area Sampel Sungai/Perairan 1	67

Gambar 4. 25 Profil Sampel Sungai/Perairan 1	68
Gambar 4. 26 Perbedaan Ketinggian pada Perairan 1	69
Gambar 4. 27 Area Sampel Sungai/Perairan 2	70
Gambar 4. 28 Profil Sampel Sungai/Perairan 2	70
Gambar 4. 29 Perbedaan Ketinggian pada Perairan 2	71
Gambar 4. 30 Area Sampel Sungai/Perairan 3	72
Gambar 4. 31 Profil Sampel Sungai/Perairan 3	73
Gambar 4. 32 Perbedaan Ketinggian pada Perairan 3	74
Gambar 4. 33 Karakteristik Sampel Sungai/Perairan	76
Gambar 4. 34 Perbedaan Ketinggian Jalan 1	77
Gambar 4. 35 Perbedaan Ketinggian Jalan 2	78
Gambar 4. 36 Perbedaan Ketinggian Jalan 3	78
Gambar 4. 37 Karakteristik Sampel Jalan	80
Gambar 4. 38 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 1	81
Gambar 4. 39 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 2	82
Gambar 4. 40 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 3	82
Gambar 4. 41 Karakteristik Sampel Vegetasi	84
Gambar 4. 42 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 1	85
Gambar 4. 43 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 2	86
Gambar 4. 44 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 3	87
Gambar 4. 45 Karakteristik Sampel Lahan Kosong	89
Gambar 4. 46 Perbedaan Ketinggian Bangunan 1	89
Gambar 4. 47 Perbedaan Ketinggian Bangunan 2	90
Gambar 4. 48 Perbedaan Ketinggian Bangunan 3	91
Gambar 4. 49 Karakteristik Sampel Bangunan	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketelitian Geometri Peta RBI	20
Tabel 2. 2 Ketentuan Ketelitian Vertikal Peta RBI.....	20
Tabel 4. 1 Deskripsi Pembuatan <i>Masspoint</i>	39
Tabel 4. 2 Hasil Nilai Tinggi (Z) Data LiDAR	49
Tabel 4. 3 Hasil Nilai Tinggi (Z) Data Foto Udara.....	49
Tabel 4. 4 Ketelitian Geometri Peta RBI	50
Tabel 4. 5 Tabel Pengambilan Titik Sampel	51
Tabel 4. 6 Perbedaan Pembuatan <i>Masspoint</i>	52
Tabel 4. 7 Perbedaan Kontur LiDAR dan Foto Udara	58
Tabel 4. 8 Hasil Titik Koordinat Data LiDAR	64
Tabel 4. 9 Hasil Uji Data LiDAR	65
Tabel 4. 10 Hasil Titik Koordinat Data Foto Udara	65
Tabel 4. 11 Hasil Uji Data Foto Udara	66
Tabel 4. 12 Perbandingan Titik Sampel	93

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR FORMULA

Jarak pada LiDAR	9
Jarak Vertikal....	10
Elevasi Objek....	10
Jarak Horizontal	10
Koordinat X.....	10
Koordinat Objek.....	10
Hubungan Koordinat Model dan Tanah	14
<i>Bundle Adjustment 1</i>	16
<i>Bundle Adjustment 2</i>	16
Persamaan Kesegarisian.....	17
RMSEz.....	21
CE90.....	21
LE90.....	21
RMSE.....	48
LE90.....	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Digital Elevation Model (DEM) adalah gambaran model relief rupabumi tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Mogal 1993 lihat juga dalam Purwanto 2015). DEM menurut USGS (*United State Geological Survey*) berstruktur pada data grid. DEM memberikan informasi hanya tentang elevasi, sedangkan *Digital Terrain Model* memberikan informasi tentang elevasi morfologi dan layer permukaan (Purwanto 2015).

Digital Terrain Model (DTM) adalah deskripsi digital dari permukaan medan dari poin 3D. DTM mendekati sebagian atau seluruh permukaan terrain dengan satu set poin diskrit (Hirt 2015). DTM dibentuk dari DSM dimana nilai elevasi berada pada *bare earth*. DSM yang digunakan untuk membentuk DTM secara digital menghapus seluruh fitur pada permukaan area (Purwanto 2015). DTM secara singkat merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari 2016).

Terdapat beberapa sumber data dalam pembentukan DTM. Contoh sumber data yang digunakan untuk membuat data DTM yaitu dengan menggunakan data foto udara dan data LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Foto Udara adalah citra fotografi hasil perekaman dari sebagian permukaan bumi yang diliput dari pesawat udara pada ketinggian tertentu menggunakan kamera tertentu. Sedangkan, LiDAR adalah teknologi yang menerapkan sistem penginderaan jauh sensor aktif untuk menentukan jarak dengan menembakkan sinar laser yang dipasang pada wahana pesawat udara survei kecil atau helikopter. Salah satu metode untuk pengolahan data foto udara untuk menghasilkan DTM yaitu

dengan cara *stereoplotting*. *Stereoplotting* adalah metode pengumpulan data vektor yang memiliki nilai ketinggian (z) yang dapat dilakukan dengan cara otomatis atau interaktif. *Stereoplotting* interaktif dilakukan dengan cara digitasi 3D pada foto udara stereo (Melisa 2014). Sedangkan, pembentukan DTM dengan data LiDAR berdasarkan *Triangular Irregular Network* (TIN) (Axelsson, 2000 dalam Rahmayudi, 2016).

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya. Ketelitian peta ini berhubungan dengan kontur. Kontur merupakan salah satu layer yang terdapat dalam peta Rupabumi Indonesia (RBI). Ketelitian kontur pada peta RBI diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014 (Badan Informasi Geospasial 2014). Saat ini, data kontur dalam peta RBI masih dihasilkan oleh data DTM hasil *stereoplotting* (Susetyo dan Perdana 2015). Padahal seperti dijelaskan sebelumnya bahwa pembentukan DTM dapat menggunakan data LiDAR. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan menganalisis perbandingan pembentukan DTM dari data foto udara dan LiDAR dalam pembuatan kontur peta RBI khususnya di daerah Sei Mangkei, Sumatera Utara.

Sei Mangkei merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Pemilihan daerah Sei Mangkei, Sumatera Utara didasarkan karena daerah ini memiliki jenis topografi wilayah yang variatif. Jenis topografi wilayah tersebut bukan hanya sawah akan tetapi juga berupa berkebunan terutama perkebunan kelapa sawit dan hutan (Perkasa 2014). Variasi jenis topografi tersebut yang akan menentukan tingkat ketelitian vertikal minimum dan maksimum Peta RBI.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis merumuskan beberapa masalah yang akan diteliti, antara lain:

1. Bagaimana ketelitian kontur dari DTM data LiDAR?
2. Bagaimana ketelitian kontur dari DTM data foto udara?
3. Bagaimana hasil ketelitian DTM dari data LiDAR dan foto udara dalam pembuatan kontur peta RBI berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber data pembentukan DTM adalah data foto udara dan data LiDAR
2. Perbandingan DTM dari LiDAR dan foto udara dilakukan dalam pembentukan kontur peta RBI
3. Lokasi penelitian berada di daerah Sei Mangkei, Sumatera Utara
4. Pembuatan DTM menggunakan *software* TerraSolid, Summit Evolution, dan SAFA

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung ketelitian kontur dari DTM data LiDAR
2. Menghitung ketelitian kontur dari DTM data foto udara
3. Menganalisis hasil ketelitian DTM dari data LiDAR dan foto udara dalam pembuatan kontur peta RBI berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar

1.5 Manfaat

Penelitian kali ini diharapkan mampu memberikan manfaat antara lain :

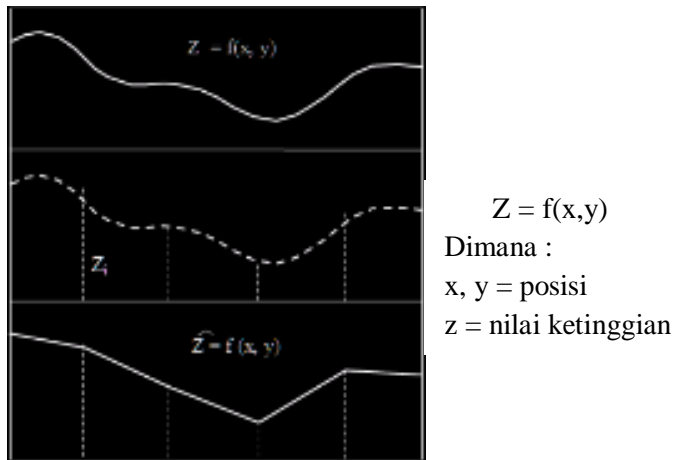
1. Memberikan informasi bahwa pembentukan kontur peta RBI dapat berasal dari DTM data LiDAR dan DTM data foto udara
2. Memberikan analisis perbandingan DTM data LiDAR dan DTM data foto udara dalam pembentukan kontur peta RBI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DEM (*Digital Elevation Model*)

DEM (*Digital Elevation Model*) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991 dalam Purwanto, 2015).



Gambar 2. 1 Relief Medan dan Model Digital
(Sumber: Tempfli, 1991 dalam Purwanto, 2015)

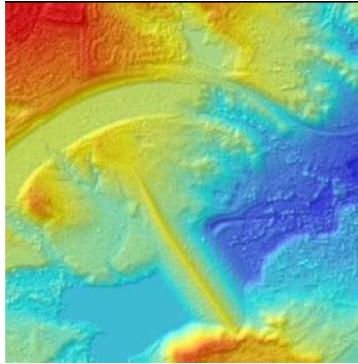
DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, *processing*, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial diwakili oleh nilai-nilai pada sistem koordinat horisontal X dan Y serta karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam

sistem koordinat Z (Doyle, 1991 dalam Purwanto, 2015). *Digital Elevation Model* (DEM) khususnya digunakan untuk menggambarkan model relief rupa bumi tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (*real world*) divisualisasikan dengan bantuan teknologi komputer grafis dan teknologi *virtual reality* (Mogal, 1993 dalam Purwanto, 2015).

Sumber data dari DEM dapat bermacam-macam diantaranya FU stereo (*Photogrammetric Techiques*), citra satelit stereo (*Stereo-pairs technique*), data pengukuran lapangan (GPS, Theodolith, EDM, Total Station, Echosounder), peta topografi (*Interpolation Technique*), peta topografi (*Interpolation Technique*), radar (*Radar technique*), LiDAR (*Laser Scanner Technique*). Sedangkan bentuk data dari DEM meliputi titik (titik tinggi), garis (kontur), dan penyiaman (LiDAR) (Purwanto 2015).

2.2 DSM (*Digital Surface Model*)

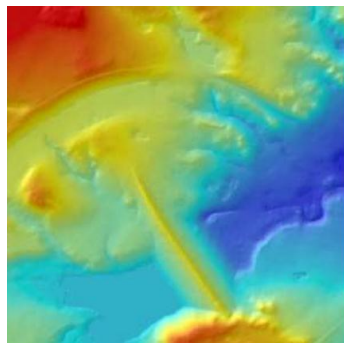
Digital Surface Model (DSM) adalah model ketinggian yang menampilkan elevasi pada permukaan pertama di tanah. DSM digunakan untuk membentuk *Digital Terrain Model* (DTM) dengan membuang semua fitur dan area pohon secara digital (Purwanto 2015). DSM mendeskripsikan ketinggian dari vegetasi misalnya pohon dan fitur-fitur lainnya misalnya bangunan (Hirt 2015). *Digital Surface Model* (DSM) merupakan representasi suatu permukaan fisik dari sekumpulan titik-titik koordinat tiga dimensi. Data hasil DSM mencakup vegetasi, jalan, bangunan, dan fitur *terrain* alami. Sehingga dapat dibuat model tiga dimensi dari berbagai sudut pandang dengan menambahkan *land covernya* (Sari 2016).



Gambar 2. 2. *Digital Surface Model*
(Sumber: Purwanto 2015)

2.3 DTM (*Digital Terrain Model*)

Digital Terrain Model (DTM) adalah deskripsi digital dari permukaan medan dari poin 3D. DTM mendekati sebagian atau seluruh permukaan terrain dengan satu set poin diskrit (Hirt 2015). DTM dibentuk dari DSM dimana nilai elevasi berada pada *bare earth*. DSM yang digunakan untuk membentuk DTM secara digital menghapus seluruh fitur pada permukaan area (Purwanto 2015).



Gambar 2. 3. *Digital Terrain Model*
(Sumber: Purwanto 2015)

DTM merupakan bentuk digital dari *terrain* (permukaan tanah, tidak termasuk objek di atasnya). DTM digambarkan sebagai tiga representasi dimensi permukaan medan yang terdiri dari X, Y, Z koordinat disimpan dalam bentuk *digital* yang juga mencakup ketinggian dan elevasi unsur-unsur geografis lainnya serta fitur alami seperti sungai, jalur pegunungan. DTM secara singkat merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari 2016).

2.4 LiDAR

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) adalah teknologi yang menerapkan sistem penginderaan jauh sensor aktif untuk menentukan jarak dengan menembakkan sinar laser yang dipasang pada wahana pesawat udara survei kecil atau helikopter. Laser didapatkan dengan melewatkan sinar dengan frekuensi tertentu ke sebuah prisma sehingga sumber cahaya yang relatif lemah dapat menempuh jarak yang jauh dengan sedikit reduksi (Sutanta, 2002 dalam Melasari, 2014).

LiDAR dilengkapi detektor yang menangkap berkas sinar yang dipantulkan dari obyek, untuk kemudian dianalisis. Saat proses pemantulan kembali ini akan terjadi perubahan komposisi cahaya, yang kemudian ditetapkan sebagai karakter obyek. Sedangkan, waktu perjalanan sinar dalam proses pemantulan diperlakukan sebagai variabel penentu penghitungan jarak antara obyek dengan sensor (Carter, 2012 dalam Sari, 2016).

Proses selanjutnya, sensor LiDAR mengambil gambar obyek pada lokasi yang ditentukan. Penyiaman dilakukan dengan memasang *laser scanner*, *Global Positioning System* (GPS), dan *Inertial Navigation System* (INS) pada wahana yang dipilih akan dijadikan jalur terbang pesawat. Pada saat *laser scanner* melakukan penyiaman sepanjang jalur terbang, pada setiap interval waktu tertentu direkam posisinya dengan

menggunakan GPS dan orientasinya dengan menggunakan INS. Pada LiDAR terdapat dua sensor yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Sensor laser melakukan pengukuran jarak antara sensor terhadap permukaan tanah. Pengukuran jarak menggunakan prinsip beda waktu dan beda fase (Baltsavias, 1999 dalam Sari, 2016). Berikut adalah persamaannya:

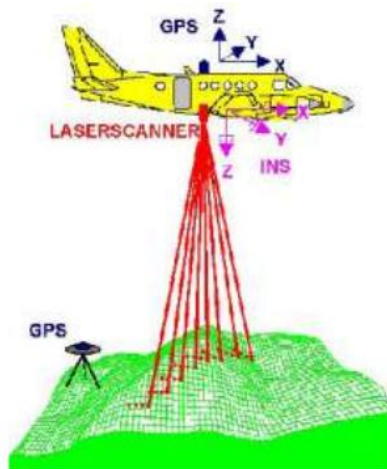
$$R = (c \times t) / 2 \quad (2.1)$$

Keterangan :

R = jarak antar sensor dengan titik yang diukur

c = konstanta kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s)

t = waktu tempuh sinyal



Gambar 2. 4. Prinsip Kerja LiDAR
(Sumber: Shan, 2008 dalam Sari, 2016)

Setelah data mentah koordinat didapat dan jarak laser diperoleh, tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan data secara *post-processing*. Menurut Jumadi (2008), ada dua kegiatan yang dilakukan selama *post-processing* yaitu:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengunduh data *carrier phase* GPS yang dihasilkan oleh *base station* dan *receiver* yang ada pada pesawat. Koordinat titik objek di permukaan bumi bisa dilakukan proses perhitungannya sebagai berikut:

- a. Jika sudut pancar gelombang terhadap garis tegak lurus adalah α_i dan jarak antara laser dengan objek (i) adalah D_i , maka dengan prinsip trigonometri dapat ditentukan jarak vertikal antara sensor dengan tanah V_i yaitu:

$$V_i = D_i \cos \alpha_i \quad (2.2)$$

- b. Jika koordinat sensor (X_s , Y_s , dan H_s) diketahui, maka dapat ditentukan elevasi dari objek (i), yaitu:

$$Elev_i = H_s - V_i \quad (2.3)$$

- c. Tentukan jarak horizontal antara titik i dengan garis yang tegak lurus dengan tanah dengan menggunakan persamaan trigonometri.

$$H_i = D_i \sin \alpha_i \quad (2.4)$$

- d. Jika diasumsikan bahwa pesawat terbang bergerak sepanjang sumbu-Y dan sudut pancarnya bergerak ke arah kanan, maka koordinat Y_i akan sama dengan koordinat sensor. Sehingga nilai X akan menjadi:

$$X_i = X_{sr} + H_i \quad (2.5)$$

- e. Koordinat dari objek (i) adalah:

$$X_i, Y_i, \text{ dan } Elev_i \quad (2.6)$$

Keterangan:

V_i = Jarak Vertikal

D_i = Jarak Laser dengan Objek

α_i = Sudut Pancar Gelombang terhadap Garis Tegak Lurus

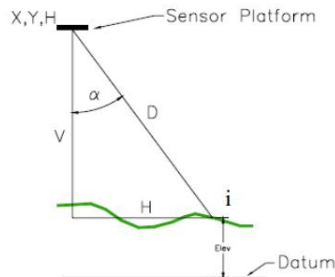
$Elev_i$ = Elevasi dari Objek (i)

H_s = Jarak Horizontal titik i

X_i = Koordinat X Objek (i)

Y_i = Koordinat Y Objek (i)

Koordinat yang dihasilkan telah tergeoreferensi. Secara matematis, proses perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan *software* yang ada pada sistem pengolahan data.



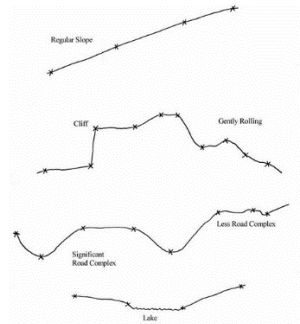
Gambar 2. 5 Posisi Sinar Laser
(Sumber: Burtch, 2002 dalam Jumadi, 2008)

2. Bagian kedua dari *post-processing* adalah membuang data yang tidak relevan yang dikumpulkan selama pengambilan data. Data yang tidak relevan dibuang yang disebabkan oleh kesalahan: sistem waktu, kondisi atmosfer, bias GPS, dan kesalahan lainnya yang disebabkan kondisi topografi permukaan bumi.

2.5 Mass Point

Mass point adalah titik-titik ketinggian di permukaan bumi (BIG,2015). Titik-titik ketinggian ini berisi informasi koordinat X, Y serta Z nya. Untuk pembuatan *mass point* sendiri dapat dilakukan sesuai juklak *stereoplotting* dari BIG dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Titik harus ditempatkan di atas tanah (*bare earth/terrain*).
- b. Titik diambil secara random menyesuaikan bentuk terrain dengan kerapatan 2-20 m.



Gambar 2.6. Model sebaran *mass point*
(Sumber : Badan Informasi Geospasial 2015)

- c. Pengambilan data secara Random adalah pengambilan data ketinggian berdasarkan pola relief topografi
- d. *Mass point* tidak boleh terlalu dekat/berimpit dengan sungai atau breakline karena akan merusak kontur.
- e. Plotting *mass point* harus memperhatikan elevasi unsur sungai dan breakline disekitarnya. Elevasi *mass point* harus lebih rendah daripada elevasi *breakline* dan lebih tinggi daripada elevasi plotting unsur sungai.
- f. Pada area perairan tidak boleh ada *mass point*.
- g. Nilai ketinggian pada kolom elevasi harus sama dengan nilai Z.
- h. Nilai ketinggian tidak sama dengan nol atau bernilai lebih kecil dari nol kecuali daerah cekungan/tambang yang dapat memiliki ketinggian minus.

2.6 Fotogrametri

Menurut *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk mendapatkan informasi terkait obyek fisik dan lingkungannya melalui proses perekaman, pengukuran, dan menginterpretasikan citra foto dan pola dari

rekaman radiasi energi elektromagnetik dan fenomena lainnya (Wolf dan Dewitt 2000).

Ada dua jenis teknik pengambilan foto yang dilakukan pada fotogrametri, yang pertama adalah terestris dan udara. Pada pemetaan skala besar, teknik yang digunakan yaitu foto udara. Dalam pelaksanaannya dapat juga digunakan model foto udara tegak (vertikal) atau miring (*oblique*). Foto tegak diambil dengan sumbu kamera yang diletakkan di atas bidang dengan posisi setegak mungkin. Jika sumbu kamera diletakkan tegak saat dilakukan pencahayaan, hasil foto akan memiliki datum yang sama dengan lapangan serta hasil fotonya tegak vertikal. Pada praktiknya, sumbu kamera sangat jarang menjadi tegak karena kemiringan pada pesawat yang tidak dapat dihindari. Ketika sumbu kamera sedikit mengalami kemiringan, hasil fotonya disebut sebagai *tilted photograph* (foto miring). Kemiringan yang terjadi biasanya kurang dari 1° dan jarang lebih dari 3° (Wolf dan Dewitt 2000).

2.7 Parameter Orientasi Luar

EOP dapat diperoleh menggunakan dua buah cara, yaitu pertama melalui proses IO, RO dan AO. Cara kedua adalah dengan melakukan *bundle adjustment* atau triangulasi udara (Anggraini 2015). Penjelasan dari kedua cara tersebut adalah sebagai berikut:

a. Orientasi pada Foto Udara

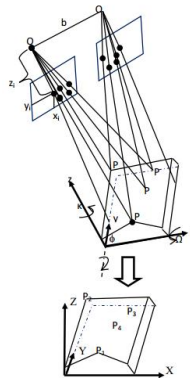
Proses orientasi dalam foto udara meliputi (Kraus, 2007 dalam Anggraini, 2015):

1. Model stereo dalam sistem koordinat 3D dibuat dari dua buah foto
2. Setelah itu, model ditransformasikan ke dalam sistem koordinat 3D (X, Y, dan Z) dalam sistem koordinat tanah

Hubungan antara koordinat model (x,y,z) dengan koordinat tanah (X,Y,Z) dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} xi \\ yi \\ zi \end{pmatrix} + mR \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Proses pembentukan model melalui dua buah foto dan transformasi ke dalam sistem koordinat tanah dijelaskan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 2. 7 Proses Orientasi

(Sumber: Krauss, 2007 dalam Anggraini, 2015)

Keterangan gambar:

- x_i, y_i, z_i : koordinat pusat proyeksi kamera
- x, y, z : koordinat obyek pada sistem koordinat model
- X, Y, Z : koordinat obyek pada sistem koordinat tanah
- m : skala pada sistem x, y, z
- R : matriks rotasi 3D dalam sistem xyz ke sistem XYZ yang didefinisikan dalam Ω, ϕ, κ
- P_1, P_2, \dots, P_4 : obyek di permukaan bumi
- b : basis foto/jarak pemotretan antara dua pusat foto yang bersebelahan

O_1, O_2	: pusat proyeksi kamera
ω	: rotasi pada sumbu x foto
ϕ	: rotasi pada sumbu y foto
κ	: rotasi pada sumbu z foto

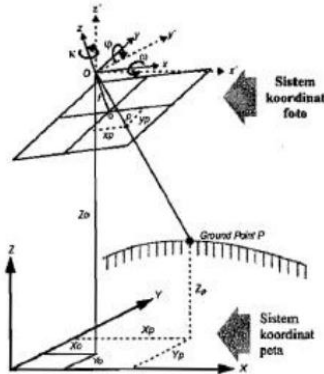
Proses orientasi foto udara adalah sebagai berikut:

- a. **Orientasi dalam (*Inner Orientation*)**
Orientasi dalam dilakukan dengan memberikan harga yang benar dari satuan harga di kamera yang digunakan pada saat pemotretan, satuan harga tersebut adalah fokus kamera (c) dan pusat proyeksi (x_0, y_0) yang didapat dari hasil terakhir kalibrasi kamera udara berupa pergeseran dari distorsi lensa (dc) dan pusat proyeksi (dx_0, dy_0) (Hariyanto, 2003).
- b. **Orientasi Relatif**
Tujuan dari orientasi relatif adalah seluruh bagian dari dua model stereo harus terlihat sebagai 1 photo, dan ini bisa tercapai bilal parallak arah y (*vertical parralak*) dihilangkan. Untuk dapat menghilangkan parallak y digunakan 9 unsur gerakan yang ada pada foto kiri dan foto kanan, sembilan unsur gerakan itu adalah unsur $b_x, b_y, b_z, \kappa_1, \kappa_2, \omega_1, \omega_2, \phi_1, \phi_2$ dimana untuk unsur b_x tidak digunakan (Hariyanto, 2003).
- c. **Orientasi Absolut**
Apabila orientasi relatif telah selesai, dilanjutkan dengan orientasi absolut untuk mendapatkan hubungan dengan permukaan tanah, dimana digunakan titik kontrol. Titik kontrol yaitu suatu titik (*given point*) yang berada dipermukaan bumi dan didapat dari proses triangulasi udara dan digunakan untuk proses orientasi absolut (Hariyanto, 2003).

b. ***Bundle Adjustment***

Bundle Adjustment merupakan persamaan baku yang dapat diaplikasikan untuk beberapa orientasi fotogrametri dan

masalah penentuan titik. (Konecny, 2003 dalam Tanjung, 2006). Hubungan antara sistem koordinat foto dengan sistem koordinat tanah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 8 Hubungan Koordinat Foto dengan Koordinat Tanah
(Sumber: Harintaka, 2008 dalam Pranadita, 2013)

Secara matematis, persamaan BA dapat diekspresikan sebagai persamaan sebagai berikut (Harintaka 2008):

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_o \\ y_o \\ z_o \end{pmatrix} + \lambda R \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} \quad (2.8)$$

Prinsip *bundle* adalah menggunakan persamaan di atas yang dimodifikasi untuk menunjukkan koordinat foto merupakan fungsi dari koordinat peta, sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini, dengan r_{11}, \dots, r_{33} merupakan fungsi rotasi terhadap sumbu X, Y, Z.

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ -f \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} X_p - X_o \\ Y_p - Y_o \\ Z_p - Z_o \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Pada persamaan di atas, jika baris ke-1 dan ke-2 dibagi dengan baris ke-3 maka akan diperoleh persamaan

kesegarisian (*collinear equation*) seperti di bawah ini (Wolf 2000).

$$\begin{aligned} xp &= -f \left[\frac{r11(Xp-Xo)+r12(Yp-Yo)+r13(Zp-Zo)}{r31(Xp-Xo)+r32(Yp-Yo)+r33(Zp-Zo)} \right] \\ yp &= -f \left[\frac{r21(Xp-Xo)+r22(Yp-Yo)+r23(Zp-Zo)}{r31(Xp-Xo)+r32(Yp-Yo)+r33(Zp-Zo)} \right] \end{aligned} \quad (2.10)$$

Keterangan:

X_p, Y_p, Z_p = posisi titik p dalam sistem koordinat tanah/peta

X_o, Y_o, Z_o = posisi pusat proyeksi kamera

x_p, y_p, z_p = posisi titik p dalam sistem koordinat foto

λ = faktor skala

R = matriks rotasi

2.8 Stereoplotting

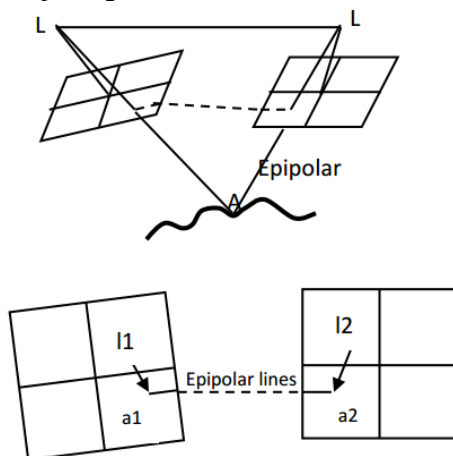
Pada pengambilan foto udara tegak, salah satu hal yang terjadi adalah adanya *overlapping* atau penampalan antara satu foto dengan foto lainnya. Sepasang foto yang bertampalan disebut sebagai *stereopair*. *Stereopair* ini kemudian yang digunakan pada digitasi wilayah yang akan dipetakan untuk dibuat data vektornya. Untuk melihat *stereopair* agar terlihat sebagai 3D diperlukan alat berupa stereoskop. (Wolf and Dewitt 2000).

Pelaksanaan digitasi menggunakan perangkat lunak *Summit Evolution* diperlukan beberapa perangkat agar gambar di komputer terlihat tiga dimensi. Alat yang digunakan adalah *stereoplotter*. *Stereoplotter* dilengkapi dengan alat tambahan yaitu kacamata 3D yang memungkinkan gambar foto yang terlihat di layar komputer memiliki elevasi yang berbeda.

Stereoplotter merupakan alat yang digunakan untuk melakukan *stereoplotting*. *Stereoplotting* adalah ekstraksi data dari sumber data berupa data radar menjadi data vektor yang dilakukan dengan cara digitasi 3 dimensi secara stereoskopis (BIG 2015). Input data yang dibutuhkan untuk melaksanakan *stereoplotting* merupakan sepasang data foto

udara yang saling bertampalan. Tahapan *stereoplotting* dilaksanakan melalui digitasi langsung pada *workstation* secara 3D sehingga telah diketahui data posisi maupun tingginya. (BIG 2015).

Apabila sepasang foto udara yang bertampalan benar-benar tegak dan memiliki ketinggian yang sama, maka seseorang dengan penglihatan normal mampu melihat foto secara stereoskopik melalui area yang bertampalan. Namun apabila foto yang terjadi adalah tidak tegak (*tilted photograph*) dan memiliki tinggi terbang yang berbeda maka pada bidang terlihat dua buah stasiun yaitu L1 dan L2 sebagaimana diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 2. 9 Epipolar Plane dan Epipolar Lines

(Sumber: Moffit, 1980 dalam Anggraini 2015)

Keterangan gambar:

- L1 , L2 : pusat proyeksi foto 1 dan 2
- l1, l2 : segmen garis obyek A yang memotong dua buah foto (*epipolar lines*)
- L1, L2 dan A : bidang yang memuat L1, L2 dan A (*epipolar plane*)

2.9 Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia)

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya. *Root-Mean-Square Error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasi lebih tinggi. Linear Error 90% (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut (Badan Informasi Geospasial 2014). Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 1 Ketelitian Geometri Peta RBI

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1:50.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1:250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1:100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1:50.000	20	10	10	15	15	25	25
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7	1:10.000	4	2	2	3	3	5	5
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
9	1:2.000	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5

(Sumber: Badan Informasi Geospasial 2014)

Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 2 Ketentuan Ketelitian Vertikal Peta RBI Berdasarkan Kelas

Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

(Sumber: Badan Informasi Geospasial 2014)

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error*. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RMSE}_Z = \sqrt{\sum(DZ)^2/n} \quad (2.11)$$

Nilai CE90 dan LE90 kemudian dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{CE90} = 1,5175 \times \text{RMSE}_r \quad (2.12)$$

$$\text{LE90} = 1,6499 \times \text{RMSE}_z \quad (2.13)$$

Keterangan:

RMSE_Z = *Root Mean Square Error* Nilai Z

D Z = Selisih Nilai Z

n = Jumlah Titik

CE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Horizontal

LE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Vertikal

2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Rahmayudi, dkk (2016) tentang perbandingan dari semi otomatis DTM dari *image matching* dengan DTM dari LiDAR dengan tempat penelitian di Kota Bogor. Perbandingan dari dua data tersebut dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yaitu metode, akurasi vertikal, kualitas geomorfologi, waktu produksi, dan biaya. Data-data yang digunakan adalah data LiDAR dan foto udara yang diambil dari foto udara digital dan akuisisi data LiDAR

untuk peta skala 1:5000 pada tahun 2014 untuk daerah Kota Bogor dan Depok dengan menggunakan *software* TerraScan dan Match-AT. Hasil akhir dalam penelitian ini adalah berupa rekomendasi perbandingan antara fotogrametri dan LiDAR yang belum banyak dilakukan khususnya di daerah perkotaan pada negara berkembang.

Dalam penelitian Melasari (2014) tentang kajian akurasi DEM hasil *stereoplotting* pada foto udara format medium dengan studi kasus kawasan lembah Universitas Gadjah Mada. Data DEM hasil *stereoplotting* pada foto udara format sedang diolah menggunakan *software* DAT/EM Summit Evolution. Hasil dari penelitian ini adalah dari 203 titik cek yang tersebar pada DEM hasil *plotting* menggunakan *software* Summit Evolution dengan lokasi penelitian yaitu kawasan Lembah UGM dibandingkan dengan DEM hasil klasifikasi data LIDAR diperoleh selisih nilai tinggi rata-rata sebesar 0,38 meter. Kualitas DEM hasil *stereoplotting* pada foto udara dipengaruhi oleh kemampuan operator dalam menentukan posisi kursor *plotter* diatas *ground* apabila di daerah terbuka. Sedangkan pada daerah yang padat vegetasi, ketelitian tinggi pada DEM ditentukan oleh kemampuan operator dalam menginterpretasikan posisi *ground* yang tertutupi vegetasi.

Pada penelitian ini, penulis akan menganalisis berbandingan pembentukan DTM dari data foto udara dan LiDAR dalam pembuatan kontur peta RBI. Daerah yang dipilih sebagai tempat penelitian adalah Sei Mangkei, Sumatera Utara yang merupakan salah satu nagori yang ada di Kecamatan Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan *software* Micro Station dan Global Mapper untuk data LiDAR serta Summit Evolution, SAFA, Global Mapper, dan AutoCAD untuk data foto udara. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan perbandingan pembentukan DTM dari data foto udara dan LiDAR dalam

pembuatan kontur peta RBI berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

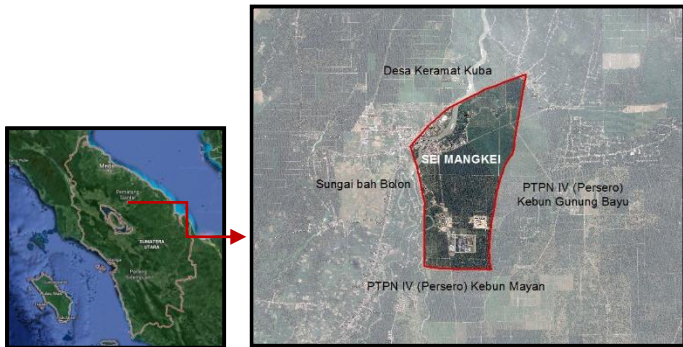
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Data LiDAR dan foto udara dalam penelitian Tugas Akhir ini berlokasi di Sei Mangkei, Sumatera Utara dengan koordinat $3^{\circ}7'17.598''$ LU - $3^{\circ}10'47.7696''$ LU dan $99^{\circ}19'38.6436''$ BT - $99^{\circ}21'43.9776''$ BT. Sei Mangkei merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Batas-batas wilayah Sei Mangkei adalah sebagai berikut:

Utara : Desa Keramat Kuba
Timur : PTPN IV (Persero) Kebun Gunung Bayu
Selatan : PTPN IV (Persero) Kebun Mayan
Barat : Sungai Bah Bolon



Gambar 3. 1. Lokasi Tugas Akhir
(Sumber : Google Earth 2017)

3.2 Data dan Peralatan

3.1.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Data *Digital Surface Model* LiDAR Sei Mangkei, Sumatera Utara NLP 0719-1242C
2. Data *Digital Terrain Model* LiDAR Sei Mangkei, Sumatera Utara NLP 0719-1242C
3. Data foto udara Sei Mangkei, Sumatera Utara NLP 0719-1242C (format .tif)
4. Data Pengukuran Lapangan titik GCP dan ICP

3.1.2 Peralatan

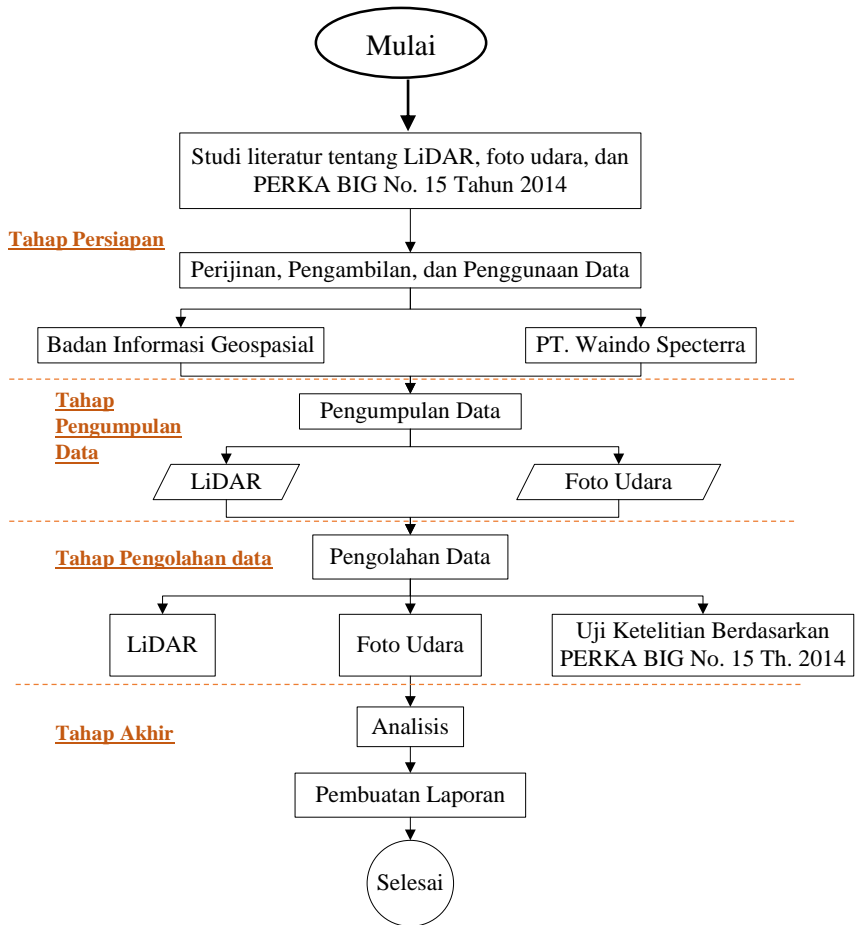
Peralatan yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Komputer *workstation* dengan spesifikasi minimal setara dengan i7, 64bit, 8GB RAM, 2TB internal *harddisk* dengan monitor 120Hz
2. Kacamata 3D
3. Mouse 3D
4. *Software* pengolah kata
5. *Software* pengolah angka
6. *Software* pengolah data LiDAR
7. *Software stereoplotting*

3.3 Metodologi

3.3.1 Tahap Penelitian

Diagram alir tugas akhir dapat dilihat pada halaman 27 berikut ini:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan dari diagram alir di atas adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap yang terdiri dari studi literatur serta perijinan, pengambilan, dan penggunaan data.

Penjelasan dari tahap persiapan adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur meliputi kegiatan pencarian topik masalah, metode untuk pencarian masalah serta data yang akan digunakan. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perumusan masalah. Berdasarkan penelitian ini, studi literatur yang menjadi pokok bahasan utama yaitu LiDAR, foto udara, dan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

b. Perijinan, Pengambilan, dan Penggunaan Data

Pada tahap ini dilakukan proses perijinan untuk menggunakan data terkait tugas akhir dari Badan Informasi Geospasial dan PT. Waindo Specterra sebagai perusahaan penyedia data.

2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data dilakukan kegiatan pengumpulan data yang digunakan untuk pengolahan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data LiDAR dan foto udara.

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan semua data yang dibutuhkan dalam tugas akhir. Pengolahan yang dilakukan meliputi pengolahan data LiDAR, foto udara, dan uji ketelitian berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Tahap pengolahan data yang lebih jelas dijelaskan pada diagram alir pengolahan data.

4. Tahap Akhir

Pada tahap akhir ini meliputi analisis dari hasil pengolahan data yang dilakukan dan pembuatan laporan akhir. Penjelasan dari tahap akhir adalah sebagai berikut:

a. Analisis

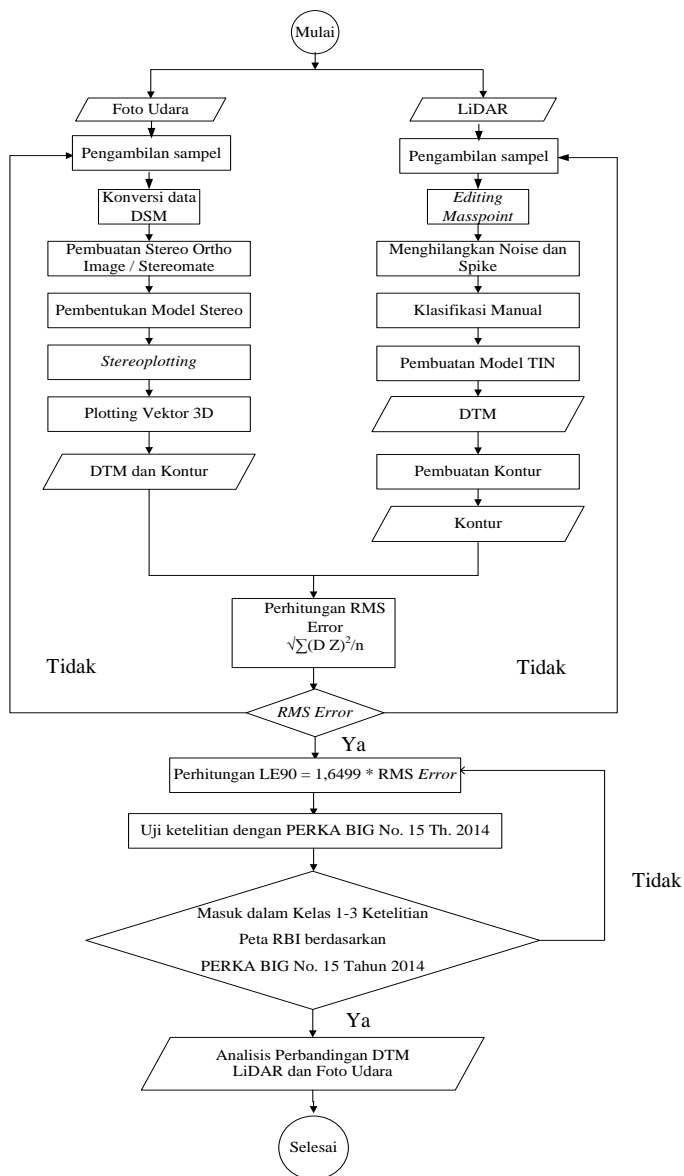
Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan setelah proses pengolahan data selesai dilakukan. Pada tahap ini dilakukan analisis perbandingan data DTM dari LiDAR dan Foto Udara dalam pembuatan kontur peta RBI. Analisis tersebut berdasarkan pada PERKA BIG No. 15 Tahun 2014.

b. Pembuatan Laporan

Setelah semua proses dilakukan kemudian dilakukan pembuatan laporan tugas akhir.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini digambarkan pada halaman 30 sebagai berikut :



Gambar 3.3. Diagram alir pengolahan data

Penjelasan dari diagram alir pengolahan data adalah sebagai berikut:

Pengolahan data pada tugas akhir ini meliputi pengolahan data DTM dari LiDAR dan data DTM dari Foto Udara, serta uji ketelitian dari titik sampel yang dipilih.

1.3.1. Pengolahan Data LiDAR

a. *Editing Mass Point*

Mass point adalah titik tinggi pada permukaan tanah yang bukan termasuk *spotheight* (titik tinggi pada puncak gunung/bukit dan pada cekungan di permukaan tanah). Editing pada *mass point* dilakukan agar tidak ada *mass point* yang berada di dalam perairan.

b. Menghilangkan *Noise* dan *Spike*

Selain editing *mass point* juga dilakukan tahapan menghilangkan *noise* dan *spike* pada data LiDAR. *Noise* dan *Spike* adalah titik tinggi dengan nilai elevasi jauh di atas atau di bawah titik sekitarnya.

c. Klasifikasi Manual

Klasifikasi manual dilakukan untuk menghilangkan hasil perekaman yang kurang sesuai atau kurang bagus. Klasifikasi manual pada prinsipnya adalah memperbaiki daerah-daerah yang kurang sesuai hasil perekamannya.

d. Pembuatan Model *Triangulated Irregular Network* (TIN)

Setelah melakukan penghilangan pada *mass point*, *noise*, dan *spike*, langkah selanjutnya adalah pembuatan model TIN. TIN merupakan data raster yang diperoleh dari data tinggi DEM. Pembentukan kontur dilakukan menggunakan metode TIN dengan *software* Global Mapper. Pembentukan dilakukan dengan unsur-unsur hipsografi (terutama *masspoint* dan *breakline*) serta unsur perairan.

e. Pembuatan Kontur

Pembuatan kontur dari data LiDAR dilakukan dengan cara buka data DTM hasil pengolahan terakhir. Pembuatan kontur dari data LiDAR pada penelitian ini dengan menggunakan *software* Global Mapper.

1.3.2. Pengolahan Data Foto Udara

a. Konversi Data DSM (*Digital Surface Model*)

Sebelum melakukan proses digitasi, hal pertama yang dilakukan adalah dengan mengubah format file data DSM (*Digital Surface Model*) ke dalam format yang dapat dibaca oleh *software* untuk stereoplotting. Apabila *software* yang digunakan adalah Summit Evolution maka format data DSM tersebut diubah ke dalam format .smti.

b. Pembuatan *Stereo Ortho Image* / *Stereomate*

Tahap kedua setelah mengonversi data DSM ke format yang dapat dibaca oleh Summit Evolution yaitu dengan membuat *Stereomate*. Pembuatan *stereomate* ini dengan menggunakan *software* Generate *Stereomate*. *Stereomate* kompilasi data citra adalah pekerjaan kompilasi dari data citra, yaitu dari data citra radar yang dibentuk menjadi model stereo.

c. Pembentukan Model Stereo

Pembentukan model stereo yaitu dengan menggunakan data citra radar yaitu data ORRI original dan data ORRI hasil *stereomate*. Model stereo ini adalah model yang akan digunakan untuk proses *stereoplotting*.

d. *Stereoplotting*

Stereoplotting adalah ekstraksi data dari sumber data berupa data radar menjadi data vektor yang dilakukan dengan cara digitasi 3 dimensi secara stereoskopis (BIG 2015). Dalam

tahap ini diperlukan konfigurasi *hardware* yang berbeda untuk melakukan digitasi 3 dimensi. *Hardware* yang diperlukan yaitu stereo monitor, kacamata 3D, dan *stereoplotter*.

e. *Plotting Vektor 3D*

Proses *stereoplotting* adalah proses digitasi unsur pembentuk kontur. Unsur-unsur pembentuk kontur yang dilakukan digitasi adalah sebagai berikut:

- Unsur hidrografi
- *Breakline*
- *Spotheight*
- *Masspoint*

1.3.3. Uji Ketelitian

a. *Perhitungan RMS Error*

Uji akurasi dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Rumus perhitungan RMS Error telah dijelaskan pada rumus 2.11. Nilai RMS Error ini < 1 , apabila nilai RMS Error > 1 maka proses diulangi pada pengambilan titik sampel.

b. *Perhitungan LE90*

Setelah nilai RMSE diperoleh, dapat ditentukan nilai LE90. Secara definisi, dalam Perka disebutkan bahwa LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai LE90 didapatkan dengan rumus pada 2.13.

c. *Uji Ketelitian dengan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014*

Nilai LE90 tersebut dijadikan acuan dalam penentuan skala yang dapat dipenuhi untuk penggunaan data tersebut. Ketelitian vertikal dalam Perka BIG No.15 Tahun 2014 dibagi

menjadi tiga kelas, yaitu seperti dijelaskan pada Tabel. 2.2.
Ketentuan Ketelitian Vertikal Peta RBI Berdasarkan Kelas

d. Analisis

Langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan analisis perbandingan DTM dari data LiDAR dan foto udara.

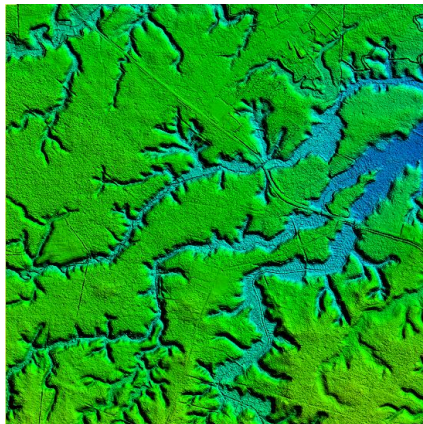
BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Konversi Data DTM (*Digital Terrain Model*)

Tahap awal sebelum melakukan proses digitasi 3D atau *stereoplotting* adalah mengubah format-format data yang diperlukan ke dalam format file yang dapat diolah atau dibuka di *software stereoplotting*. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengubah data mentah DTM yaitu dalam format .bil ke format .asc. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan *software* Global Mapper. Data inilah yang nantinya akan digunakan sebagai data DTM untuk proses pembuatan *stereomate*. Hasil konversi data yang dihasilkan seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 4. 1 Hasil Konversi Data DSM

Langkah selanjutnya adalah mengonversi data foto udara ke format yang dapat dibaca pada *software*

Summit Evolution yaitu dari format .tif ke format .smti. *Software* yang digunakan untuk konversi adalah Summit Evolution.



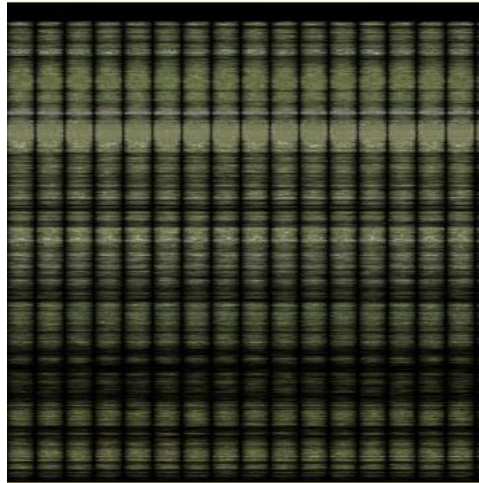
Gambar 4. 2 Foto Udara Format .smti

Hasil dari konversi data foto udara dari .tif ke format .smti tidak mempunyai perbedaan. Data foto udara format .smti untuk mendukung format data yang bisa dibuka oleh *software* yang digunakan untuk pengolahan data.

4.1.2 Hasil *Stereo Ortho Image / Stereomate*

Setelah kedua setelah mengonversi data ke format .asc dan .smti langkah selanjutnya adalah membuat *stereomate*. Pembuatan *stereomate* ini dengan menggunakan *software* Generate Stereomate for Ortho Images. Tahap pembuatan *stereomate* ini yaitu dengan

menggunakan data ORRI (*Ortho Rectified Radar Image*) yaitu data foto udara yang telah dikonversi dalam format .smi. Selain itu, juga digunakan data DTM yaitu data yang telah dikonversi dalam format .asc.



Gambar 4. 3 Stereomate

Pada tahap pembuatan Stereomate ini dimasukkan nilai *pixel shift* per *elevation*. Nilai ini ditentukan oleh kondisi area penelitian yang akan mempengaruhi besar kecilnya nilai *pixel shift* per *elevation* yang dimasukkan. Kondisi area penelitian yang datar mempunyai nilai *pixel shift* per *elevation* yang kecil begitu pula sebaliknya. Nilai elevasi per pixel terlalu tinggi untuk daerah yang relatif datar akan menyebabkan hasil DEM juga menjadi terjal. Gambar di bawah ini adalah hasil dari pembuatan *stereomate*.

4.1.3 Hasil Model Stereo

Model stereo dibuat untuk menciptakan foto udara yang akan diolah memiliki tampilan topografi 3D. Pembuatan model stereo dalam penelitian ini dengan menggunakan *software* Summit Evolution. Tampilan topografi 3D hanya dapat dilihat dengan menggunakan kacamata khusus yaitu kacamata 3D. Pembuatan model stereo pada penelitian dengan menggunakan *project* SAR Stereo.



Gambar 4. 4 Tampilan 3D Foto Udara

Data yang digunakan dalam pembuatan model stereo adalah data format .smti sebagai *original image* dan data hasil *stereomate* sebagai *generated stereo mate*. Hasil pengolahan dua data ini yang menghasilkan foto udara yang siap dilakukan digitasi 3D atau stereoplotting. Stereoplotting dapat dilakukan dengan menghubungkan *software* Summit Evolution dengan AutoCAD.

4.1.4 Hasil *Plotting* Vektor 3D

Seperti yang telah dijelaskan di sub bab sebelumnya bahwa *stereoplotting* dilakukan secara digital dengan menggunakan kacamata 3D. Pembuatan *mass point* ini berdasarkan prinsip *floating mark*.

Pengukuran stereoskopik dari suatu paralaks menjadi suatu dasar dari *floating mark* (titik apung). *Parallax* merupakan perpindahan semu posisi suatu obyek dari bingkai referensinya dikarenakan pergeseran posisi pengamatan (Wolf dan Dewitt 2000). Berdasarkan prinsip tersebut, sebuah titik *mass point* diletakkan tepat di atas permukaan tanah (*ground*) untuk memberikan hasil titik yang merepresentasikan koordinat x, y, dan z tepat berada di atas permukaan tanah. Pembuatan unsur-unsur *masspoint* dijelaskan dalam tabel 4.1.

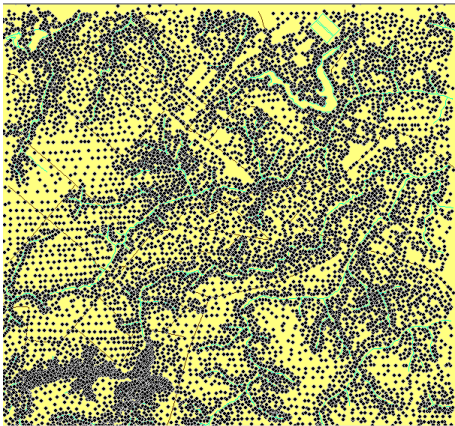
Tabel 4. 1 Deskripsi Pembuatan *Masspoint*

No	Nama Unsur	Deskripsi
1	Permukaan tanah berupa bentang alam seperti sawah, ladang, lahan kosong, dll	Dilakukan pembuatan <i>mass point</i> sesuai sebaran pada umumnya untuk daerah datar dengan radius ≤ 10 m (karena skala foto yang digunakan yaitu 1 :5.000 sehingga 1 cm di peta mewakili 5 meter di lapangan) dan radius yang lebih rapat untuk topografi yang sedikit landai atau memiliki perubahan elevasi.
2	Sungai	<i>Mass point</i> pada sungai dibuat di tepi-tepi sungai sepanjang jalur sungai. Hal ini dimaksudkan agar terdapat suatu visualisasi yang berbeda saat pembuatan DEM sehingga wilayah yang

Tabel 4. 2 Deskripsi Pembuatan *Masspoint* Lanjutan

No	Nama Unsur	Deskripsi
		dibatasi <i>mass point</i> yang merepresentasikan sungai dapat dikenali dengan baik.
3	Jalan	Untuk pembuatan <i>mass point</i> pada jalan dibuat secara linier mengikuti jalur yang ada pada jalan tersebut sehingga saat dilakukan pengolahan dapat diketahui bahwa titik-titik tersebut adalah titik-titik yang merepresentasikan jalan-jalan yang ada.

Hasil dari pembuatan *masspoint* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

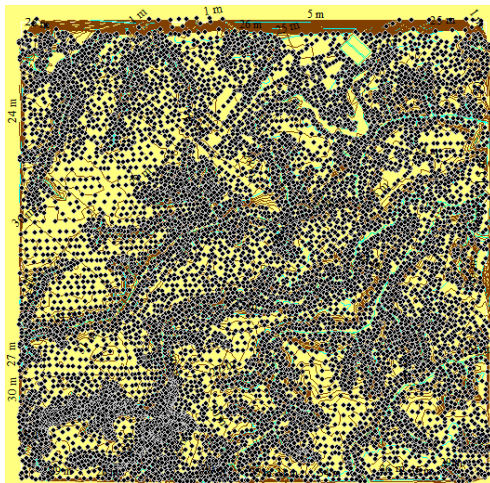


Gambar 4. 5 Hasil Pembuatan *Masspoint*

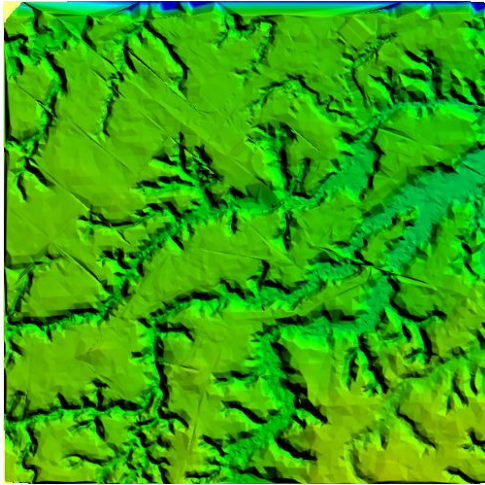
Titik *masspoint* yang dihasilkan seperti gambar di atas merepresentasikan suatu ketinggian di permukaan bumi. Hasil *masspoint* ini memberikan hasil titik yang merepresentasikan koordinat x, y, dan z.

4.1.5 Hasil Kontur Foto Udara

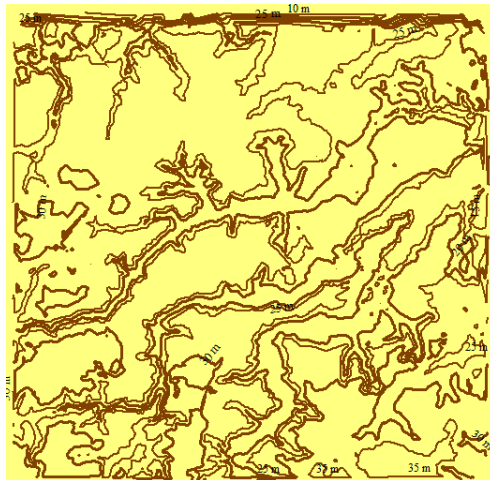
Kontur foto udara dihasilkan setelah proses pembuatan *masspoint* selesai dilakukan. Kontur ini menghubungkan daerah-daerah pada area penelitian yang memiliki ketinggian yang sama. Pembuatan kontur pada penelitian ini menggunakan *software* Global Mapper. Gambar 4. 6 di bawah ini merupakan hasil dari pembuatan kontur foto udara.



Gambar 4. 6 *Masspoint* dan Kontur Foto Udara



Gambar 4. 7 DEM Foto Udara



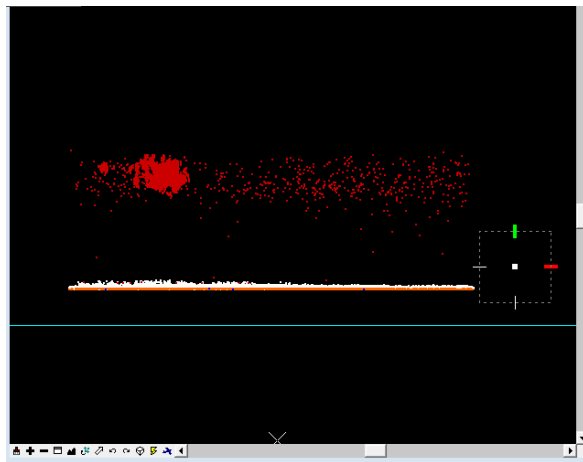
Gambar 4. 8 Kontur Foto Udara

Hasil dari pembuatan *masspoint* di atas dapat pula digunakan untuk membuat DEM dari Foto Udara. Hasil dari DEM tersebut juga dapat digunakan untuk

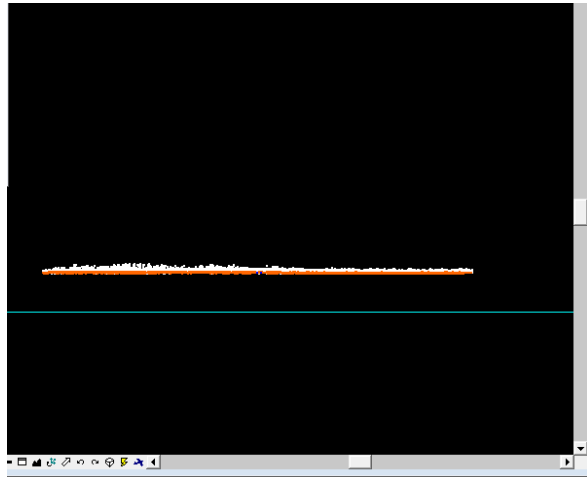
membuat kontur foto udara. Gambar 4.7 menunjukkan hasil pembuatan DEM dari *masspoint* dan gambar 4.8 menunjukkan hasil dan kontur DEM foto udara.

4.1.6 Hasil *Editing Masspoint, Noise, dan Spike* LiDAR

Dalam pengolahan data LiDAR langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan *editing masspoint, noise, dan spike*. *Mass point* adalah titik tinggi pada permukaan tanah yang bukan termasuk *spotheight* (titik tinggi pada puncak gunung/bukit dan pada cekungan di permukaan tanah). Editing pada *mass point* dilakukan agar tidak ada *mass point* yang berada di dalam perairan. Selain editing *mass point* juga dilakukan tahapan menghilangkan *noise* dan *spike* pada data LiDAR. *Noise* dan *Spike* adalah titik tinggi dengan nilai elevasi jauh di atas atau di bawah titik sekitarnya. Gambar 4.9 dan 4.10 menggambarkan perbedaan data LiDAR sebelum dan sesudah *editing*.



Gambar 4. 9 Sebelum *Editing*

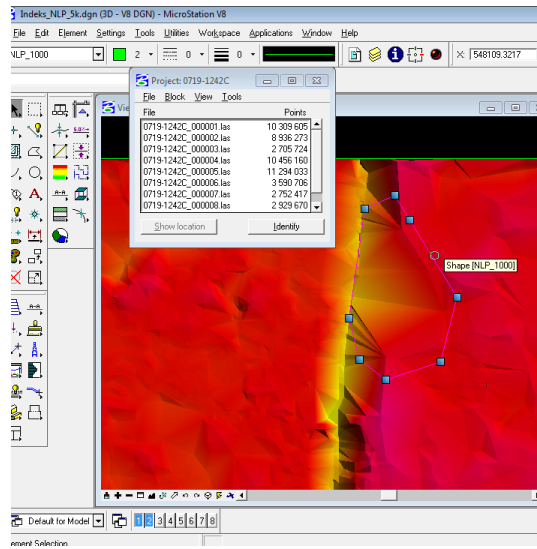


Gambar 4. 10 Sesudah *Editing*

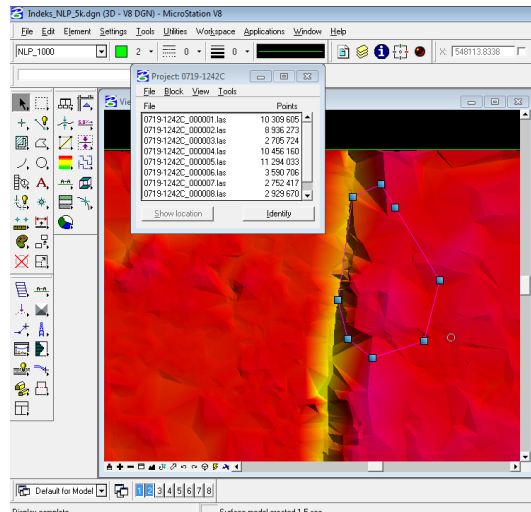
Berdasarkan gambar 4.9 dan 4.10 di atas terlihat jelas bahwa kedua gambar tersebut memiliki perbedaan. Pada gambar 4.9 masih terdapat *masspoint*, *noise*, dan *spike*. Sedangkan, pada gambar 4.10 setelah dilakukan proses editing *masspoint*, *noise*, dan *spike* tersebut telah hilang.

4.1.7 Hasil Klasifikasi Data LiDAR

Proses klasifikasi data LiDAR dilakukan untuk memperbaiki data yang LiDAR yang memiliki kesalahan. Klasifikasi dalam penelitian ini menggunakan klasifikasi secara manual dengan menggunakan *software* MicroStation. Gambar 4.11 dan 4.12 menggambarkan perbedaan data sebelum dan sesudah proses klasifikasi manual.



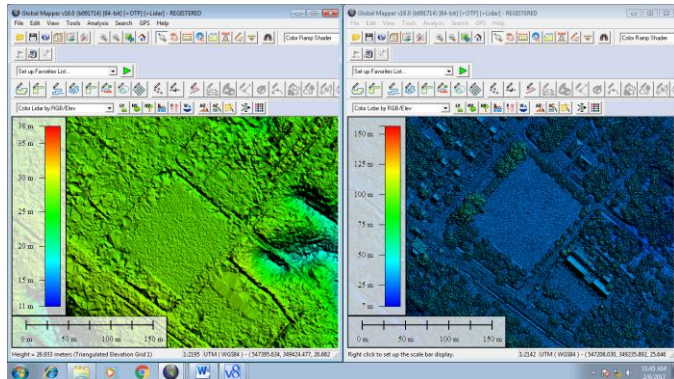
Gambar 4. 11 Sebelum Klasifikasi



Gambar 4. 12 Sesudah Klasifikasi

4.1.8 Hasil Model *Triangulated Irregular Network* (TIN)

TIN merupakan data raster yang diperoleh dari data tinggi DEM. Pembuatan mode TIN menggunakan *software* Global Mapper. Gambar 4. 13 menunjukkan perbedaan antara data TIN DTM dan DSM.

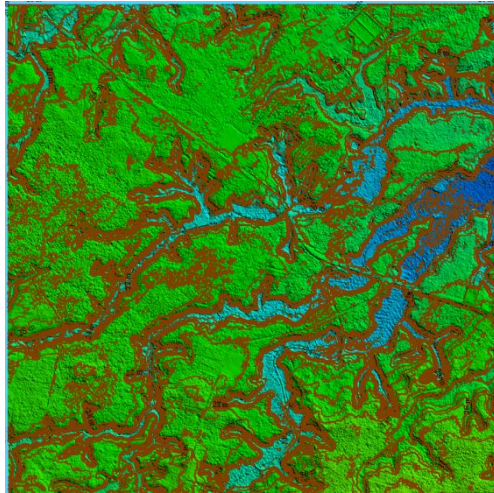


Gambar 4. 13 Perbedaan TIN DTM dan DSM

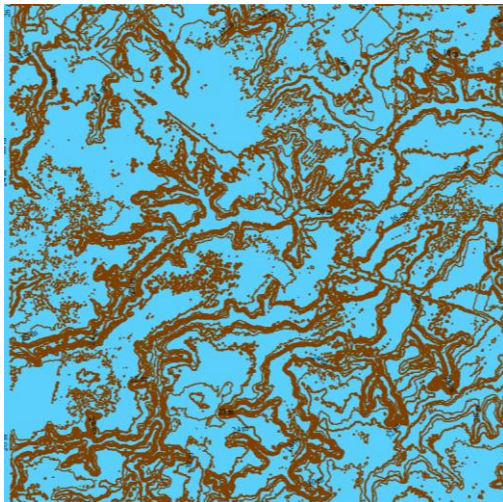
Perbedaan antara data DSM dan DTM yang digunakan untuk pembuatan model TIN yaitu apabila DTM, maka pada kotak dialog LiDAR Load Options klasifikasi poinnya dipilih *Ground*. Sedangkan, TIN DSM dibuat dengan memilih semua klasifikasi poin pada LiDAR Load Options.

4.1.9 Hasil Pembuatan Kontur LiDAR

Pembuatan kontur dari data LiDAR dilakukan dengan cara buka data DTM hasil pengolahan terakhir. Pembuatan kontur dari data LiDAR ini menggunakan *software* Global Mapper. Gambar 4.14 menunjukkan hasil dari pembuatan kontur data LiDAR.



Gambar 4. 14 Hasil Pembuatan Kontur LiDAR



Gambar 4. 15 Kontur LiDAR

Kontur hasil dari data LiDAR merupakan kontur yang tergantung pada hasil pengolahan DTM. Ketinggian

kontur tersebut juga sama dengan ketinggian yang dihasilkan pada data DTM.

4.1.10 Hasil Uji Akurasi

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error*.

Uji akurasi dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Rumus perhitungan RMS Error adalah sebagai berikut :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum (D Z)^2 / n} \quad (4.1)$$

Keterangan:

RMSEz = *Root Mean Square Error* Nilai Z

D Z = Selisih Nilai Z

n = Jumlah Titik

Setelah nilai RMSE diperoleh, dapat ditentukan nilai LE90. Secara definisi, dalam Perka disebutkan bahwa LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai LE90 didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{LE90} = 1,6499 \times \text{RMSEz} \quad (4.2)$$

Keterangan:

LE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Vertikal

Pada penelitian ini yang dilakukan pengujian akurasi posisi adalah titik Z objek. Pengujian ketelitian pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Z yang didapatkan dari pengolahan foto udara dan

LiDAR dengan nilai Z hasil dari nilai GCP/ICP. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil pengambilan titik yang dilakukan selama penelitian.

Tabel 4. 3 Hasil Nilai Tinggi (Z) Data LiDAR

No. Titik	Nama Titik	Z	Z
		Koordinat GCP/ICP (m)	Koordinat LIDAR (m)
1	S719	28,472	28,060
2	SME003	19,524	19,260

Tabel 4. 4 Hasil Nilai Tinggi (Z) Data Foto Udara

No. Titik	Nama Titik	Z	Z
		Koordinat GCP/ICP (m)	Koordinat Foto (m)
1	S719	28,472	27,722
2	SME003	19,524	18,954

Hasil dari tinggi data di atas kemudian diuji ketelitiannya berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 5 Ketelitian Geometri Peta RBI

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1:50.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1:250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1:100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1:50.000	20	10	10	15	15	25	25
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7	1:10.000	4	2	2	3	3	5	5
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
9	1:2.000	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5

(Sumber: Badan Informasi Geospasial 2014)

Selain itu, pada penelitian ini dilakukan pengambilan titik sampel. Pengambilan titik tersebut dilakukan pada beberapa titik dengan jenis tutupan lahan yang berbeda pada data LIDAR dan Foto Udara. Pada tabel di bawah ini merupakan hasil dari pengambilan titik sampel data LIDAR dan Foto Udara.

Tabel 4. 6 Tabel Pengambilan Titik Sampel

No	Jenis Tutupan Lahan	Rata-rata Sampel	Rata-rata Keseluruhan Masing-masing Sampel
1	Sungai	0,579	0,512
		0,239	
		0,718	
2	Jalan	0,263	0,218
		0,186	
		0,206	
3	Vegetasi	0,666	0,640
		0,663	
		0,592	
4	Lahan Kosong	0,556	0,408
		0,142	
		0,5266	
5	Bangunan	0,295	0,255
		0,248	
		0,221	

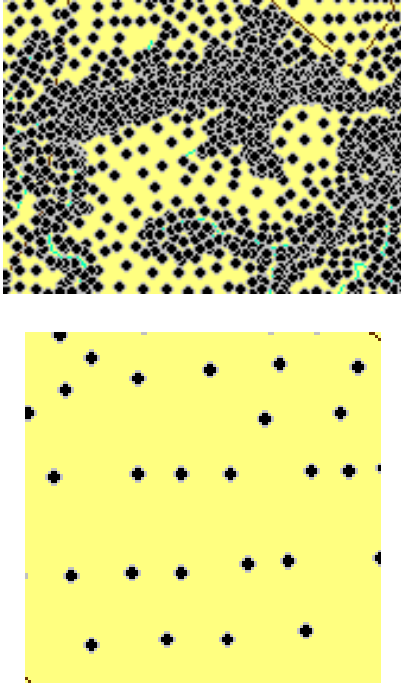
Tiap jenis tutupan lahan dilakukan pengambilan sebanyak 3 area. Tiap area tutupan lahan tersebut terdiri dari beberapa titik sampel. Dari masing-masing titik sampel kemudian dilakukan perhitungan selisih ketinggian antara data ketinggian LiDAR dan foto udara.

4.2. Analisis

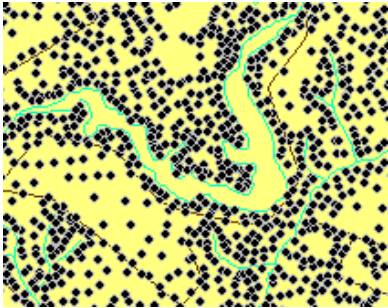

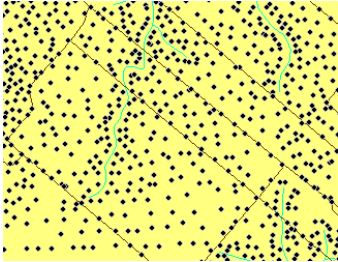
4.2.1 Analisis *Plotting* Vektor 3D

Pelaksanaan kegiatan *stereoplotting* menghasilkan data vektor berupa titik-titik sebaran ketinggian atau *mass point*. Digitasi *mass point* dibuat di seluruh permukaan tanah sehingga diharapkan merepresentasikan informasi suatu lokasi dipermukaan tanah yang memuat informasi x, y, maupun z nya. Perbedaan pembuatan *mass point* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 7 Perbedaan Pembuatan *Masspoint*

No	Nama Unsur	Hasil
1	Permukaan tanah berupa bentang alam seperti sawah, ladang, lahan kosong, dll	

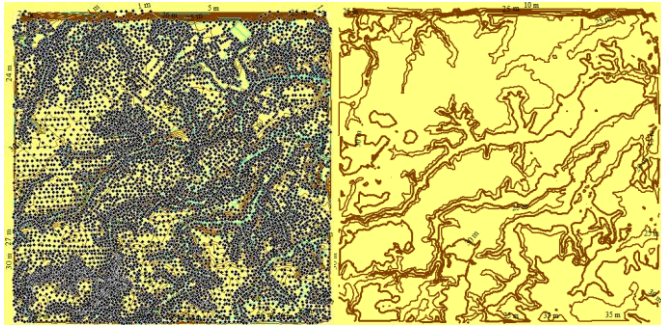
Tabel 4. 8 Perbedaan Pembuatan *Masspoint* Lanjutan

No	Nama Unsur	Hasil
2	Sungai	
		
3	Jalan	

Digitasi untuk unsur tutupan lahan, seperti sawah, lahan kosong, dan ladang dibuat berdasarkan kondisi tutupan lahannya. Misalnya, titik-titik untuk lahan kosong lebih renggang dari pada titik-titik untuk sawah dan ladang. Digitasi untuk unsur hidrografi, dalam hal ini sungai, dibuat titik-titik di tepi-tepinya. Titik-titik untuk tepian sungai ini dibuat rapat sehingga dapat merepresentasikan adanya gap suatu obyek. Sementara untuk unsur transportasi, dalam hal ini jalan, titik-titiknya dibuat linier mengikuti jalan.

4.2.2 Analisis Kontur Foto Udara

Masspoint yang dihasilkan dari *stereoplotting* pada *software* Global Mapper dapat dibuat menjadi kontur hasil dari data Foto Udara. Hasil kontur dari pembuatan *masspoint* ditunjukkan seperti gambar di bawah ini.

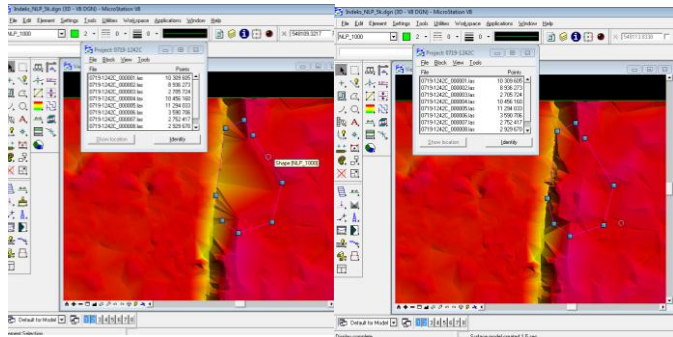


Gambar 4. 16 Kontur Foto Udara

Kontur tersebut merupakan hasil ekstraksi dari titik-titik *masspoint* yang dibuat. Titik-titik *masspoint* sangat berpengaruh dengan kontur yang dihasilkan yaitu semakin rapat *masspoint* yang dibuat maka semakin rapat pula kontur yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin renggang *masspoint* yang dibuat maka semakin renggang pula kontur yang dihasilkan.

4.2.3 Analisis Klasifikasi Data LiDAR

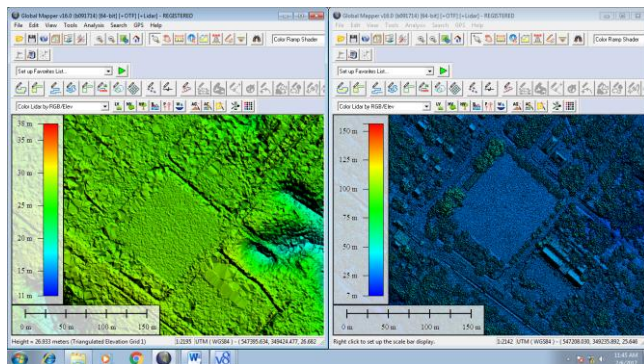
Data LiDAR harus dilakukan proses klasifikasi dahulu dikarenakan proses klasifikasi berguna untuk memperbaiki hasil data perekaman LiDAR yang kurang bagus. Perbedaan sebelum dan sesudah klasifikasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 17 Perbedaan Sebelum dan Sesudah Klasifikasi

4.2.4 Analisis Model *Triangulated Irregular Network* (TIN)

Pembuatan model TIN menggunakan dua data yaitu data DSM dan DTM. Perbedaan model TIN dari DSM dan DTM dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

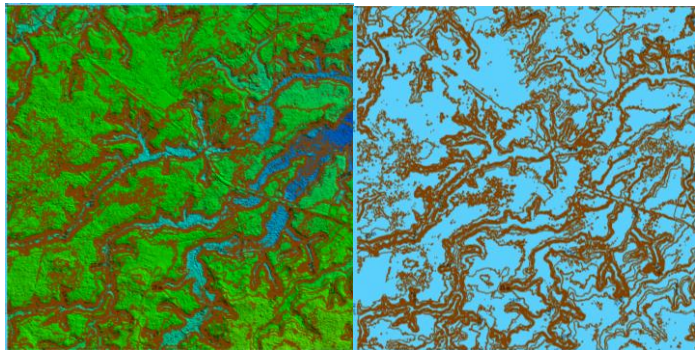


Gambar 4. 18 TIN DTM dan DSM

Gambar 4.18 menunjukkan perbedaan antara TIN DTM dan DSM. Model TIN *Digital Terrain Model* (DTM) merupakan bentuk digital dari *terrain* (permukaan tanah, tidak termasuk objek di atasnya). Sedangkan, model TIN *Digital Surface Model* (DSM) adalah model ketinggian yang menampilkan elevasi pada permukaan pertama di tanah.

4.2.5 Analisis Kontur LiDAR

Kontur data LiDAR dihasilkan dari DTM (*Digital Terrain Model*). Hasil dari kontur tersebut sesuai dengan DTM yang dihasilkan dari pengolahan data LiDAR.

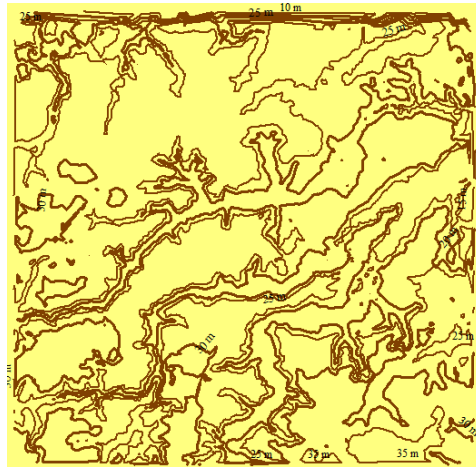


Gambar 4. 19 Kontur LiDAR

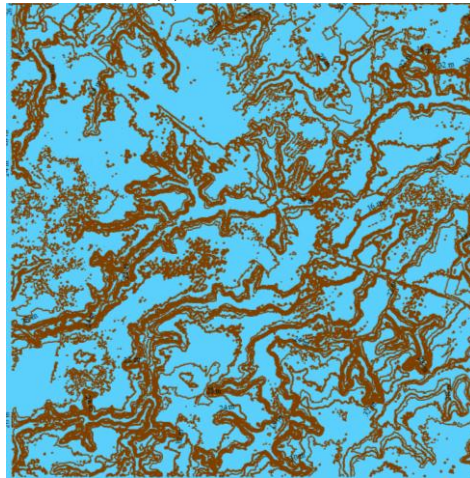
Apabila dilihat kontur yang dihasilkan, kontur yang dihasilkan lebih rapi dari pada kontur hasil data Foto Udara. Hal tersebut dikarenakan kontur data Foto Udara tergantung dari *masspoint* yang dibuat.

4.2.6 Analisis Perbandingan Kontur Foto Udara dan LiDAR

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa kontur dapat dihasilkan dari pengolahan data foto udara dan LiDAR. Gambar 4.20 adalah gambar hasil kontur data foto udara dan LiDAR.



(a) Kontur Foto


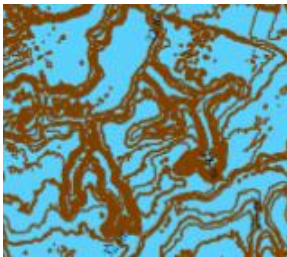


(b) Kontur LiDAR


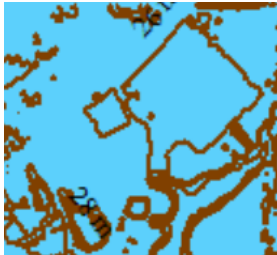
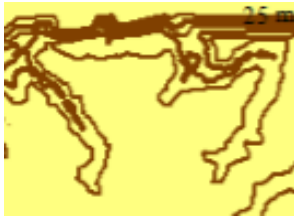
Gambar 4. 20 Perbandingan Kontur Foto dan LiDAR

Berdasarkan gambar 4.20 (a) dan 4.20 (b) secara garis besar kedua kontur tersebut tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Perbedaan dari kedua kontur tersebut dijelaskan pada tabel di bawah ini:

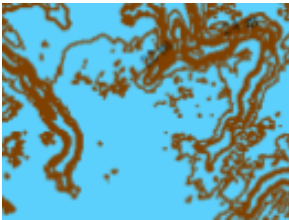
Tabel 4. 9 Perbedaan Kontur LiDAR dan Foto Udara

No	Parameter Perbedaan	Gambar	Penjelasan
1	Kerapatan		Hasil dari pengolahan kedua data yang dilakukan memiliki perbedaan yaitu kerapatan kontur yang dihasilkan. Pada kontur LiDAR kontur yang dihasilkan lebih rapat apabila dibandingkan dengan kontur foto udara. Hal tersebut dikarenakan kontur yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh proses pembuatan <i>masspoint</i> dan <i>breakline</i> pada saat <i>stereoplotting</i> .
		<p>a. Foto Udara</p> 	
		<p>b. LiDAR</p>	

Tabel 4. 10 Perbedaan Kontur LiDAR dan Foto Udara
Lanjutan

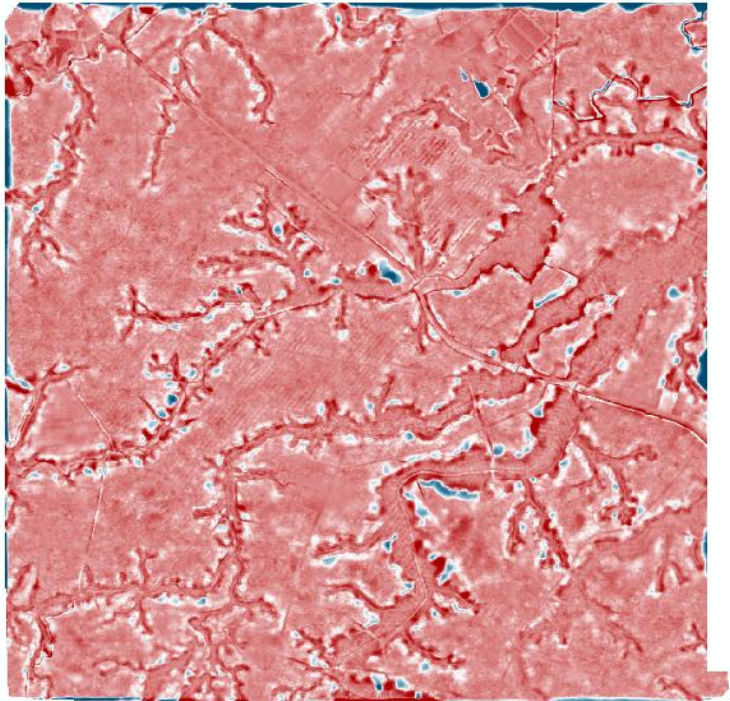
No	Parameter Perbedaan	Gambar	Penjelasan
2	Objek yang berkontur		Berdasarkan kedua data disamping terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan tersebut yaitu pada data LiDAR terdapat kontur pada bangunan sedangkan pada kontur foto udara tidak ada.
		a. Foto Udara	
3	Kontur yang dihasilkan		Gambar disamping merupakan salah satu perbedaan kontur yang dihasilkan dari data foto udara dan LiDAR. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya
		b. LIDAR	
3	Kontur yang dihasilkan		Gambar disamping merupakan salah satu perbedaan kontur yang dihasilkan dari data foto udara dan LiDAR. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya
		a) Foto Udara	

Tabel 4. 11 Perbedaan Kontur LiDAR dan Foto Udara
Lanjutan

No	Parameter Perbedaan	Gambar	Penjelasan
			bahwa hasil kontur foto udara sangat tergantung pada proses <i>stereoplotting</i> . Oleh karena pada foto bagian atas tidak dibuat titik-titik <i>masspoint</i> maka kontur yang dihasilkan tidak membentuk secara sempurna
		b) LiDAR	

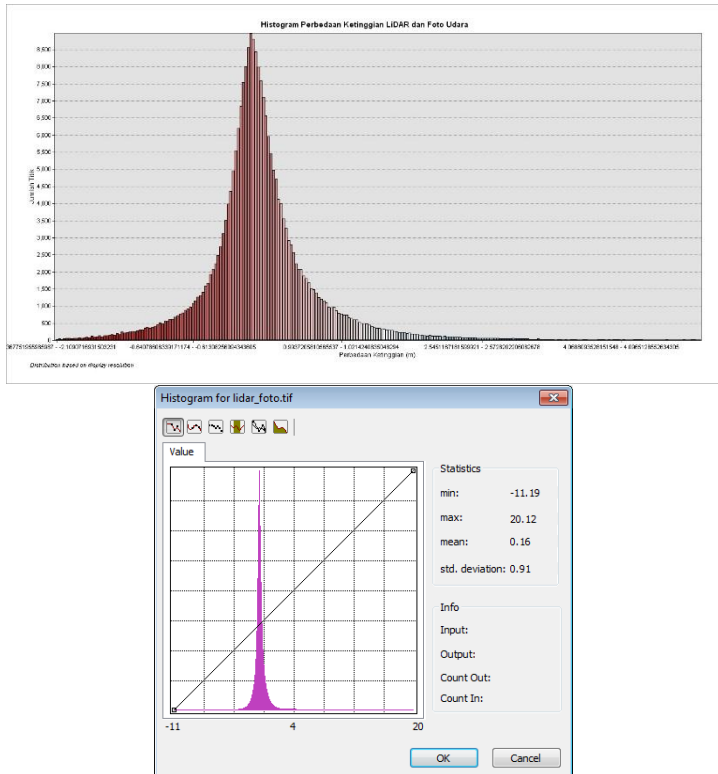
Berdasarkan tabel di atas dapat diambil kesimpulan bahwa kontur data LiDAR tergantung pada Model TIN yang dihasilkan. Sedangkan, untuk kontur data foto udara sangat tergantung pada pembuatan *breakline* dan *masspoint* pada proses *stereoplotting*.

Pada penelitian ini dilakukan *overlay* hasil pembuatan kontur data LiDAR dan foto udara. Hasil *overlay* tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran perbedaan ketinggian antara kedua data yang dihasilkan. Hasil *overlay* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 21 *Overlay* Data LiDAR dan Foto Udara

Perbedaan warna pada hasil *overlay* menunjukkan perbedaan ketinggian dari dua data. Warna yang semakin merah menunjukkan bahwa data foto udara mempunyai ketinggian yang lebih tinggi dibandingkan dengan data LiDAR. Sebaliknya, warna yang semakin biru menunjukkan bahwa data LiDAR mempunyai ketinggian yang lebih tinggi. Sedangkan, semakin cerah/putih warna hasil *overlay* menunjukkan bahwa terdapat sedikit perbedaan antara kedua data tersebut. Hasil dari perbedaan ketinggian *overlay* di atas digambarkan ke dalam histogram di bawah ini:

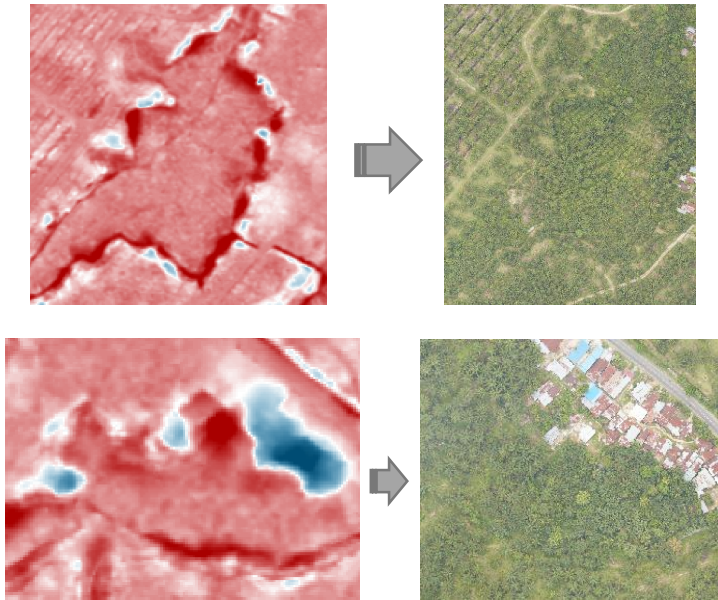


Gambar 4. 22 Histogram Perbedaan Ketinggian

Histogram tersebut menggambarkan grafik perbedaan ketinggian hasil *overlay* data. Perbedaan ketinggian maksimal sebesar 20,12 m dan minimal (-11,19) m. Tanda minus (-) menunjukkan bahwa data ketinggian foto udara lebih tinggi dibandingkan dengan data LiDAR.

Apabila dilihat dari data foto, daerah yang memiliki perbedaan ketinggian paling besar yaitu daerah pemukiman dan vegetasi. Hal tersebut dapat terjadi karena pada waktu proses perekaman LiDAR laser sulit menembus tanah karena

tertutup oleh vegetasi atau karena pada saat *stereoplotting* kesulitan menentukan tanah karena tertutup oleh bangunan.



Gambar 4. 23 Perbedaan Ketinggian Terbesar

Selain itu, juga dilakukan analisis perbedaan kontur yang dihasilkan keseluruhan. Oleh karena kontur merupakan salah satu komponen dalam peta maka kontur yang baik akan mendukung adanya peta yang baik pula. Sebuah peta yang baik tentunya memiliki syarat yang harus dipenuhi. Syarat-syarat peta yang baik adalah sebagai berikut (Indradi, 2014):

- a. Tidak boleh membingungkan
- b. Mudah dimengerti atau ditangkap maknanya oleh pengguna peta
- c. Dapat memberikan gambaran yang sebenarnya. Ini berarti peta harus cukup teliti dan sesuai dengan tujuan
- d. Mudah dilihat sehingga peta harus rapi dan bersih.

Jika dilihat hasil akhir kontur yang dibentuk dari kedua data secara garis besar memang sama. Namun, apabila diteliti kedua hasil kontur tersebut memiliki perbedaan. Berdasarkan syarat peta di atas, tentunya terlihat jelas kontur dari data foto udara lebih memenuhi syarat dibandingkan dengan kontur LiDAR. Kontur yang dihasilkan oleh foto udara lebih sederhana dan tidak membingungkan. Selain itu, kontur hasil LiDAR masih terdapat titik-titik yang tidak perlu ditampilkan. Hal tersebut dapat menyebabkan pengguna sulit untuk mengerti kontur yang disajikan. Serta, jelas terlihat bahwa kontur hasil data foto udara lebih rapi dan bersih.

4.2.7 Analisis Uji Akurasi

Uji akurasi dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Hal-hal yang perlu dilakukan dalam uji akurasi adalah perhitungan *RMS Error* dan *LE90*. Hasil pengujian ketelitian pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai *Z* yang didapatkan dari pengolahan foto udara dan LiDAR dengan nilai *Z* hasil dari nilai GCP/ICP.

Tabel 4. 12 Hasil Titik Koordinat Data LiDAR

No. Titik	Nama Titik	<i>Z</i> (Koordinat GCP/ICP)	<i>Z</i> (Koordinat LIDAR)	(D <i>Z</i>) (m)	(D <i>Z</i>) ² (m)
1	S719	28,472	28,060	0,412	0,170
2	SME003	19,524	19,260	0,264	0,070
Jumlah					0,239
Rata-rata					0,120
RMSE					0,346
Akurasi LE90					0,571

Tabel di atas membandingkan koordinat hasil pengolahan data LiDAR dengan koordinat GCP/ICP. Terdapat dua titik GCP/ICP yang dijadikan sebagai pembanding yaitu titik S719 dan SME003. Nilai Z kemudian dihitung nilai *RMS Error* dan LE90. Nilai *RMS Error* yang didapatkan sebesar 0,346 m dan LE90 yang didapatkan sebesar 0,571 m. Hasil dari perhitungan di atas kemudian dibandingkan dengan ketelitian Peta RBI berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Hasil dari perhitungan tersebut dilihat apakah masuk ke dalam syarat minimal nilai ketelitian atau tidak. Hasil perhitungan LE90 tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 13 Hasil Uji Data LiDAR

Ketelitian Peta skala 1:5.000				
Ketelitian	Hasil uji LE90 (m)	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Vertikal	0,571	1	1,5	2,5

Berdasarkan tabel di atas hasil uji LE90 yaitu 0,571 m ketelitian peta skala 1:5000 masuk ke dalam klasifikasi kelas 1.

Tabel 4. 14 Hasil Titik Koordinat Data Foto Udara

No. Titik	Nama Titik	Z (Koordinat GCP/ICP)	Z (Koordinat Foto)	(D Z) (m)	(D Z)^2 (m)
1	S719	28,472	27,722	0,750	0,563
2	SME003	19,524	18,954	0,570	0,325
				Jumlah	0,887
				Rata-rata	0,444
				RMSE	0,666
				Akurasi LE90	1,099

Tabel 4.10 menggambarkan hasil koordinat *plotting* data foto udara dengan koordinat GCP/ICP. Terdapat dua titik GCP/ICP yang dijadikan sebagai pembanding yaitu titik S719 dan SME003. Nilai Z kemudian dihitung nilai *RMS Error* dan LE90. Nilai *RMS Error* yang didapatkan sebesar 0,666 m dan LE90 yang didapatkan sebesar 1,099 m. Hasil dari perhitungan di atas kemudian dibandingkan dengan ketelitian Peta RBI berdasarkan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Hasil dari perhitungan tersebut dilihat apakah masuk ke dalam syarat minimal nilai ketelitian atau tidak. Hasil perhitungan LE90 tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 15 Hasil Uji Data Foto Udara

Ketelitian Peta skala 1:5.000				
Ketelitian	Hasil uji LE90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Vertikal	1,099	1	1,5	2,5

Berdasarkan tabel di atas hasil uji LE90 yaitu 1,099 m ketelitian peta skala 1:5000 masuk ke dalam klasifikasi kelas 2. Pada dasarnya harusnya hasil dari *stereoplotting* menghasilkan ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil data LiDAR. Namun, pada penelitian hasil yang didapatkan adalah sebaliknya. Hal tersebut disebabkan oleh faktor kesalahan ketika melakukan *stereoplotting* terutama dalam menentukan *ground* atau tanah.

4.2.7. Analisis Titik Sampel

Selain melakukan perbandingan hasil foto udara dan LiDAR, penulis juga melakukan pengambilan titik sampel dari data LiDAR dan foto udara di beberapa jenis area sampel yang berbeda. Penjelasan di bawah ini merupakan hasil dari pengambilan sampel yang dilakukan. Jenis area sampel yang diambil titik sampelnya dikelompokkan menjadi

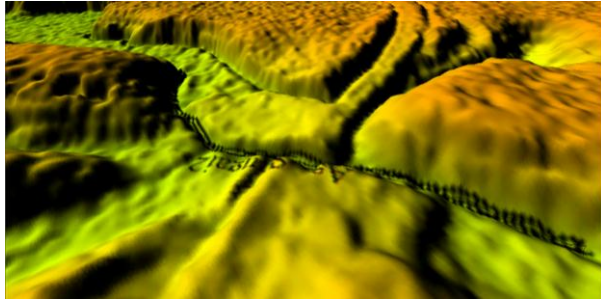
lima kelompok tutupan lahan yaitu tanah kosong, vegetasi, sungai/perairan, jalan, dan bangunan. Setiap jenis tutupan lahan di ambil pada tiga sampel area yang terdiri dari beberapa titik masing-masing areanya.

a. Sungai

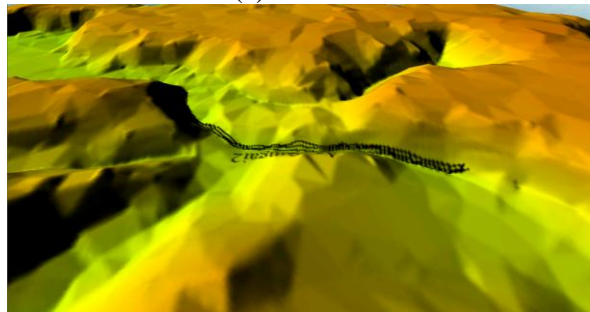
Pada penelitian ini penulis mengambil 3 area perairan atau sungai.

- Sampel Sungai/Perairan 1

Sampel sungai atau perairan 1 terdiri dari 42 titik. Area sampel sungai/perairan 1 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



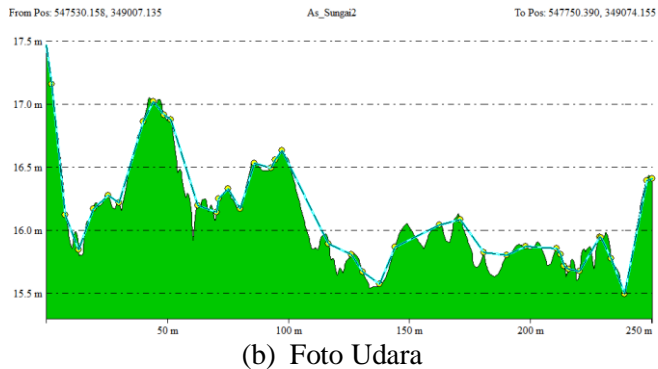
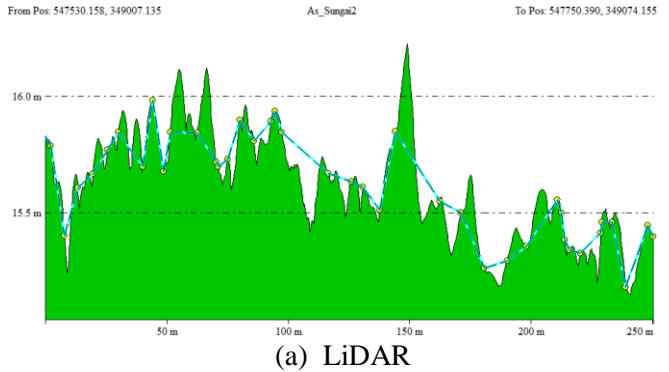
(a) LiDAR



(b) Foto Udara

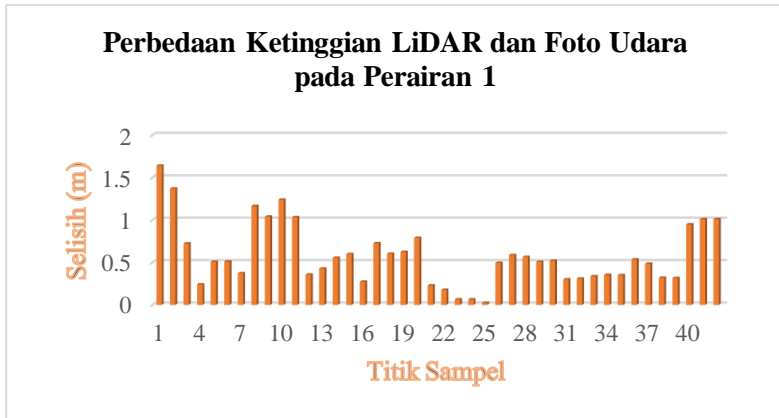
Gambar 4. 24 Area Sampel Sungai/Perairan 1

Berdasarkan tampilan area 3D dari Gambar 4.24 di atas dapat dilihat bahwa pada tampilan 3D LiDAR terlihat lebih terjal dari pada tampilan 3D Foto Udara untuk daerah yang sama. Gambar di bawah ini memperjelas perbandingan dari sampel sungai/perairan 1:



Gambar 4. 25 Profil Sampel Sungai/Perairan 1

Berdasarkan tampilan profil di atas dapat dilihat bahwa profil dari data foto udara lebih halus apabila dibandingkan dengan profil dari data LiDAR. Perbedaan ketinggian beberapa titik pada area tersebut digambarkan dalam grafik di bawah ini:

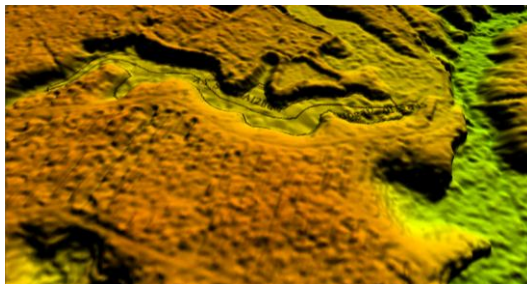


Gambar 4. 26 Perbedaan Ketinggian LiDAR dan Foto Udara pada Perairan 1

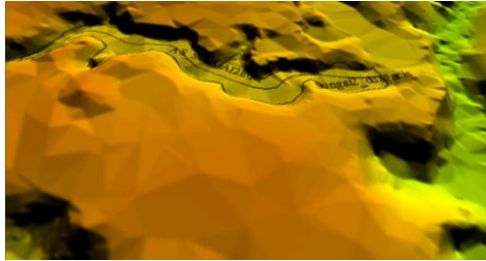
Dari 42 titik tersebut perbedaan ketinggian terbesar yaitu 1,640 m dan terkecil yaitu 0,023 m. Rata-rata ketinggian untuk area ini sebesar 0,579 m.

- **Sampel Sungai/Perairan 2**

Area sampel sungai atau perairan 2 terdiri dari 32 titik. Area sampel sungai/perairan 2 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



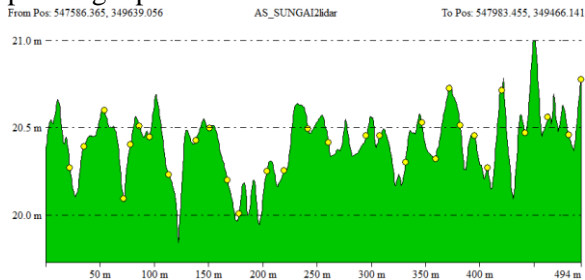
(a) LiDAR



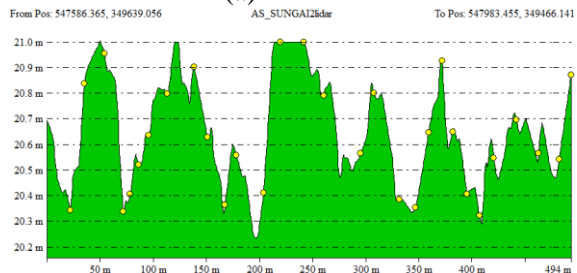
(b) Foto Udara

Gambar 4. 27 Area Sampel Sungai/Perairan 2

Berdasarkan tampilan area 3D dari Gambar 4.27 di atas dapat dilihat bahwa pada tampilan 3D LiDAR terlihat lebih terjal dari pada tampilan 3D Foto Udara untuk daerah yang sama sama halnya yang terjadi untuk sampel 1. Gambar di bawah ini memperjelas perbandingan dari sampel sungai/perairan 2:



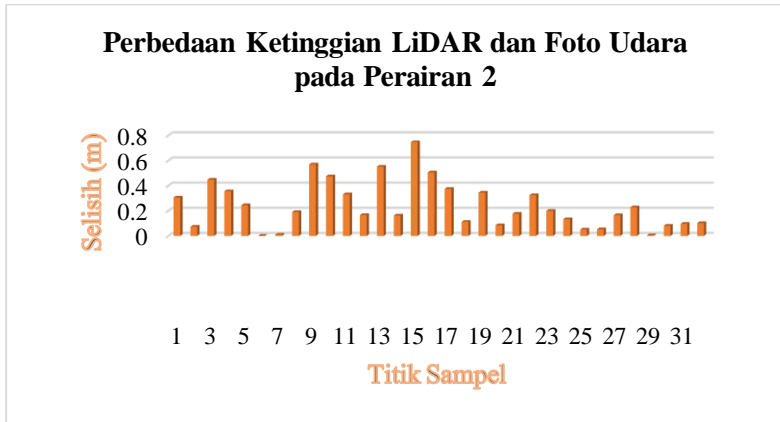
(a) LiDAR



(b) Foto Udara

Gambar 4. 28 Profil Sampel Sungai/Perairan 2

Berdasarkan tampilan profil di atas dapat dilihat bahwa profil dari data LiDAR lebih terjal apabila dibandingkan dengan profil dari data foto udara. Perbedaan ketinggian beberapa titik pada area tersebut digambarkan dalam grafik di bawah ini:

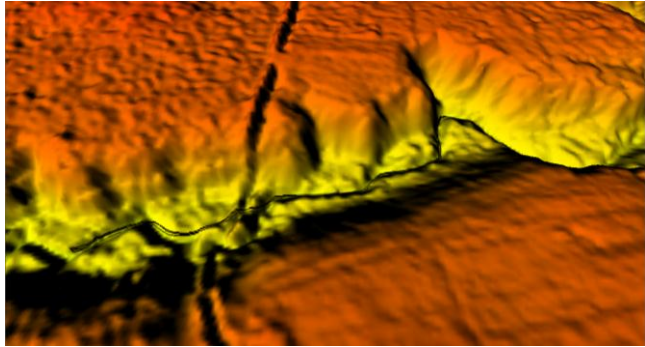


Gambar 4. 29 Perbedaan Ketinggian LiDAR dan Foto Udara 2

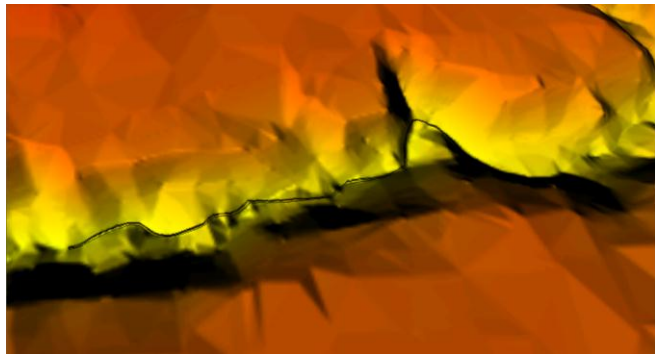
Perbedaan ketinggian terbesar yaitu 0,745 m dan terkecil yaitu 0,001 m. Rata-rata ketinggian untuk area ini sebesar 0,239 m.

- **Sampel Sungai/Perairan 3**

Area sampel pada perairan 3 ini terdiri dari 53 titik. Area sampel sungai/perairan 3 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



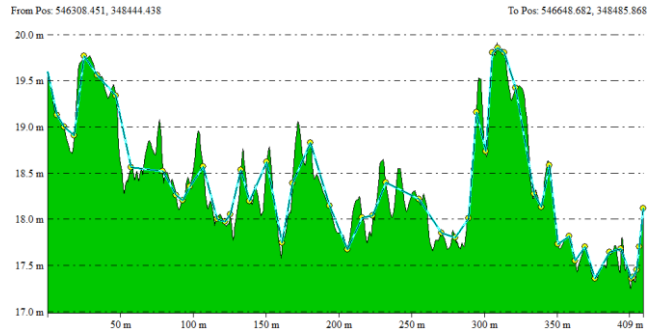
(a) LiDAR



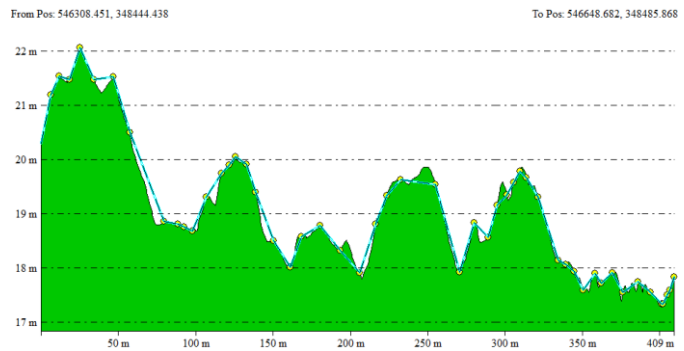
(b) Foto Udara

Gambar 4. 30 Area Sampel Sungai/Perairan 3

Seperti pada sampel 1 dan 2 berdasarkan tampilan area 3D dari Gambar 4.30 di atas dapat dilihat bahwa pada tampilan 3D LiDAR terlihat lebih terjal dari pada tampilan 3D Foto Udara untuk daerah yang sama. Gambar di bawah ini memperjelas perbandingan dari sampel sungai/perairan 3:



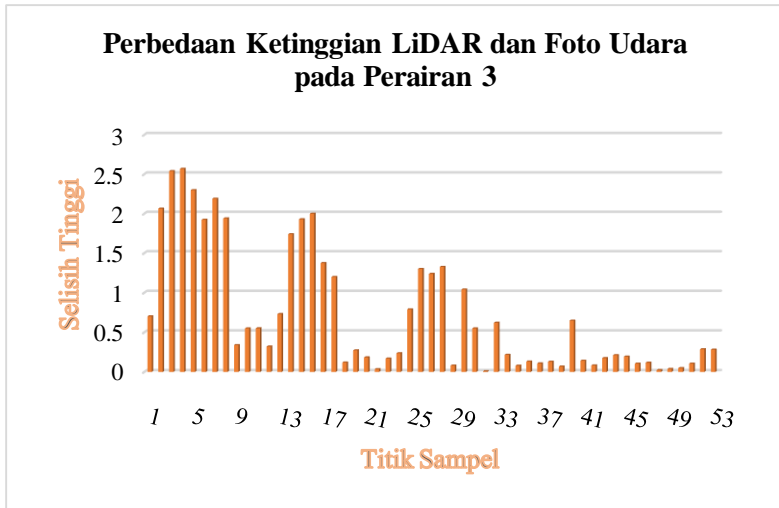
(a) LiDAR



(b) Foto Udara

Gambar 4. 31 Profil Sampel Sungai/Perairan 3

Berdasarkan tampilan profil di atas dapat dilihat bahwa profil dari data LiDAR lebih terjal apabila dibandingkan dengan profil dari data foto udara yang lebih halus. Perbedaan ketinggian beberapa titik pada area tersebut digambarkan dalam grafik di bawah ini:



Gambar 4. 32 Perbedaan Ketinggian LiDAR dan Foto Udara 3

Perbedaan ketinggian terbesar yaitu 2,569 m dan terkecil yaitu 0,009 m. Rata-rata ketinggian untuk area ini sebesar 0,719 m.

Apabila diperhatikan dari ketiga sampel sungai/perairan yang diambil sampel pengambilan yang kedua memiliki rata-rata perbedaan ketinggian antara LiDAR dan Foto Udara yang paling kecil dari pada yang lainnya yaitu sebesar 0,239 m. Hal tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik dari masing-masing sampel walaupun jenis topografinya sama yaitu sungai/perairan. Gambar di bawah ini menunjukkan karakteristik dari masing-masing area sampel:



(a) Sungai/Perairan 1



(b) Sungai/Perairan 2



(c) Sungai/Perairan 3

Gambar 4. 33 Karakteristik Sampel Sungai/Perairan

Berdasarkan gambar di atas terlihat jelas bahwa area sampel 2 merupakan area sungai/perairan yang cukup luas dan tidak tertutup oleh pepohonan sehingga dalam penentuan *ground* cukup mudah karena area terbuka. Sebaliknya, area sampel 3 memiliki rata-rata perbedaan ketinggian paling besar. Hal tersebut dikarenakan letak area 3 yang rimbun atau tertutup oleh pepohonan sehingga penentuan *ground* cukup sulit. Sedangkan, untuk rata-rata keseluruhan untuk sampel sungai atau perairan sebesar 0,5119 m.

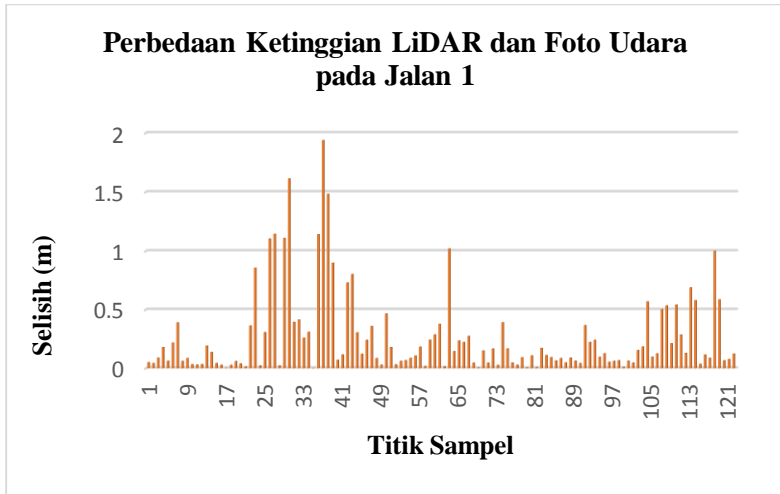
b. Jalan

Jenis tutupan lahan kedua yang dilakukan pengambilan titik sampel adalah jalan. Pada penelitian ini diambil tiga sampel area jalan.

- Sampel Jalan 1

Pengambilan sampel pada jalan 1 terdiri dari 122 titik. Dari 122 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara

data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

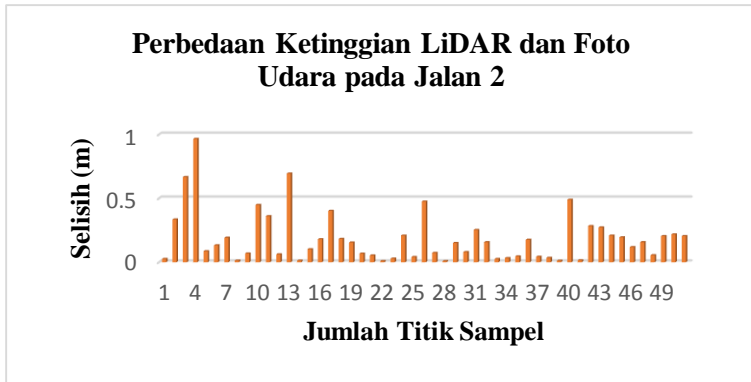


Gambar 4. 34 Perbedaan Ketinggian Jalan 1

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 1,937 m dan terkecil sebesar 0 m yang artinya antara data LiDAR dan foto udara memiliki ketinggian yang sama. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,262 m.

- **Sampel Jalan 2**

Pengambilan sampel pada jalan 2 terdiri dari 51 titik. Dari 51 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

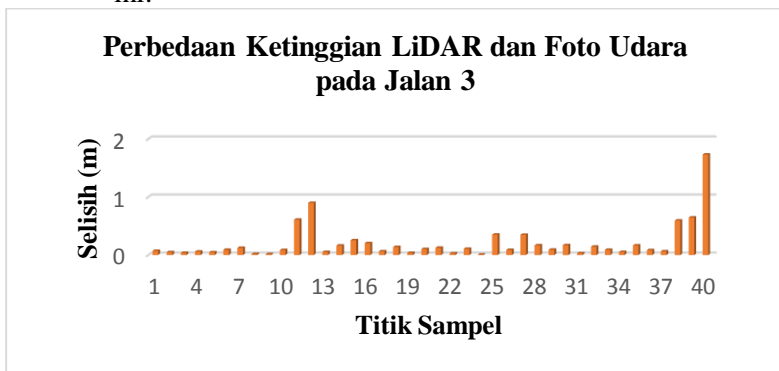


Gambar 4. 35 Perbedaan Ketinggian Jalan 2

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 0,966 m dan terkecil sebesar 0,009 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,186 m.

- Sampel Jalan 3

Pengambilan sampel pada jalan 3 terdiri dari 40 titik. Dari 40 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. 36 Perbedaan Ketinggian Jalan 3

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 1,734 m dan terkecil sebesar 0,008 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,206 m.

Dari ketiga sampel area yang terdiri dari beberapa titik tersebut dapat dilihat bahwa pada jalan 2 memiliki rata-rata perbedaan ketinggian yang paling kecil sebesar 0,186 m dan jalan 1 memiliki rata-rata ketinggian paling besar sebesar 0,263 m. Sedangkan, rata-rata keseluruhan sampel area jalan sebesar 0,218 m. Perbedaan tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik masing-masing area. Gambaran karakteristik masing-masing area jalan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



(a) Jalan 1



(b) Jalan 2



(c) Jalan 3

Gambar 4. 37 Karakteristik Sampel Jalan

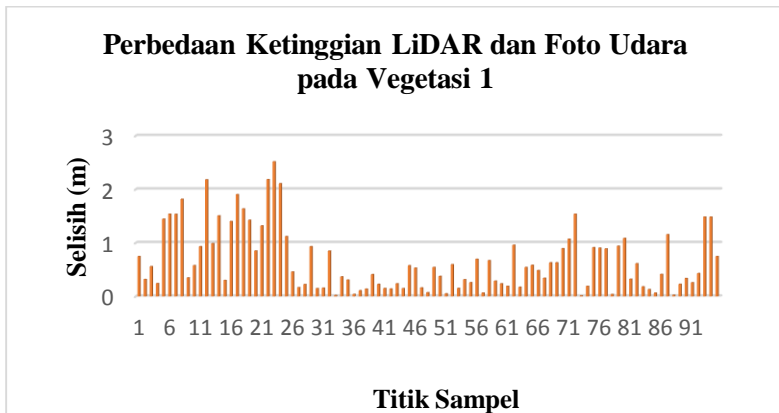
c. Vegetasi

Selain sungai/perairan dan jalan, pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan titik sampel pada jenis tutupan

lahan vegetasi. Pada penelitian ini diambil tiga sampel area vegetasi.

- **Sampel Vegetasi 1**

Pengambilan sampel pada vegetasi 1 terdiri dari 95 titik. Dari 95 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

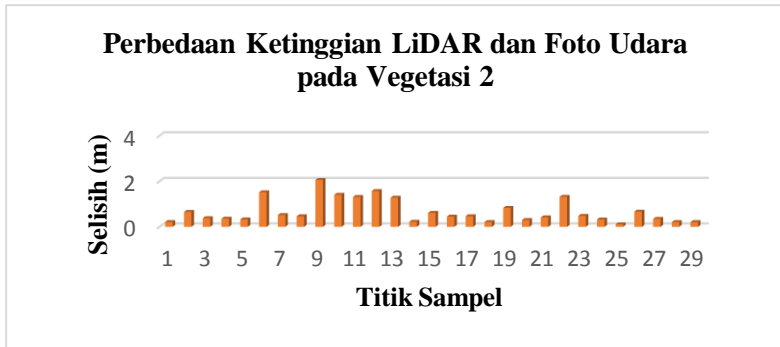


Gambar 4. 38 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 1

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 2,517 m dan terkecil sebesar 0,014 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,665 m.

- **Sampel Vegetasi 2**

Pengambilan sampel pada vegetasi 2 terdiri dari 29 titik. Dari 29 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

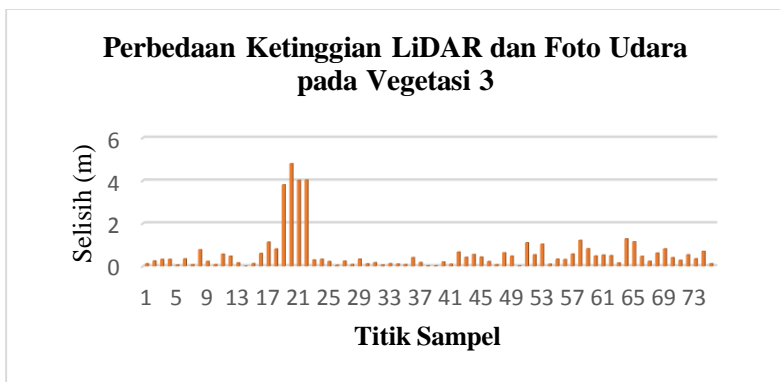


Gambar 4. 39 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 2

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 2,058 m dan terkecil sebesar 0,112 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,663 m.

- Sampel Vegetasi 3

Pengambilan sampel pada vegetasi 3 terdiri dari 75 titik. Dari 75 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. 40 Perbedaan Ketinggian Vegetasi 3

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 4,794 m dan terkecil sebesar 0,006 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,592 m.

Dari ketiga sampel area yang terdiri dari beberapa titik tersebut dapat dilihat bahwa pada vegetasi 3 memiliki rata-rata perbedaan ketinggian yang paling kecil sebesar 0,592 m dan vegetasi 1 memiliki rata-rata ketinggian paling besar sebesar 0,666 m. Sedangkan, rata-rata keseluruhan untuk sampel area ini sebesar 0,640 m. Perbedaan tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik masing-masing area. Gambaran karakteristik masing-masing area vegetasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



(a) Vegetasi 1



(b) Vegetasi 2



(c) Vegetasi 3

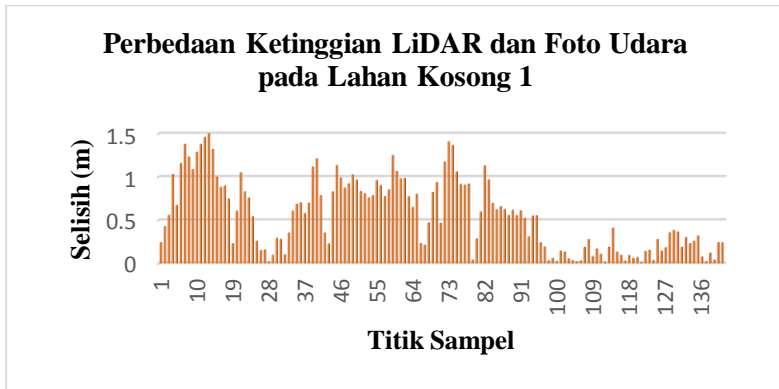
Gambar 4. 41 Karakteristik Sampel Vegetasi

d. Lahan Kosong

Jenis tutupan lahan ketiga yang dilakukan pengambilan titik sampel adalah lahan kosong. Pada penelitian ini diambil tiga sampel area lahan kosong.

- Sampel Lahan Kosong 1

Pengambilan sampel pada lahan kosong 1 terdiri dari 141 titik. Dari 141 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

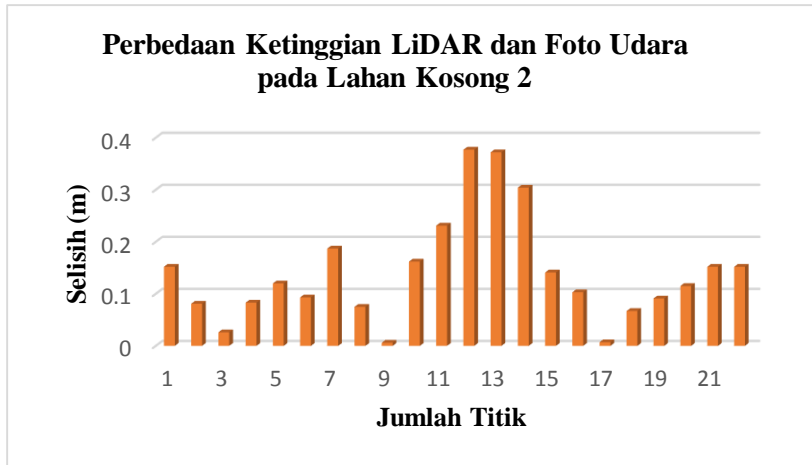


Gambar 4. 42 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 1

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 1,499 m dan terkecil sebesar 0,012 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,556 m.

- Sampel Lahan Kosong 2

Pengambilan sampel pada lahan kosong 2 terdiri dari 22 titik. Dari 22 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik ini:

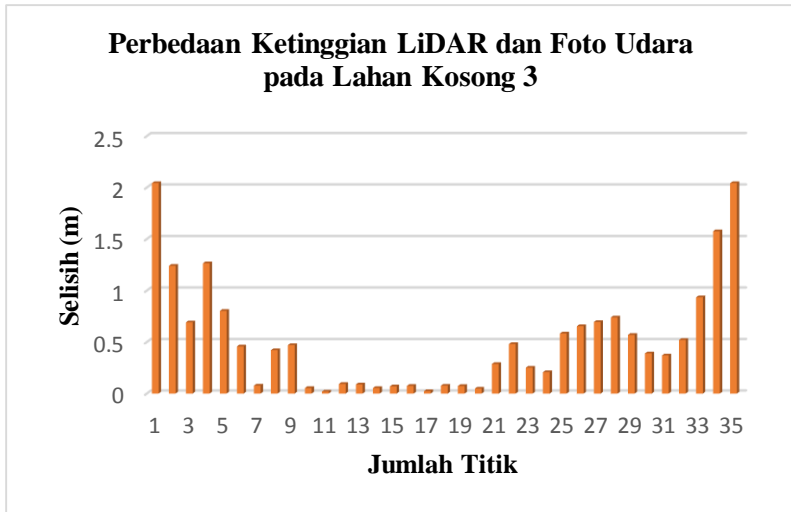


Gambar 4. 43 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 2

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 0,377 m dan terkecil sebesar 0,006 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,140 m.

- **Sampel Lahan Kosong 3**

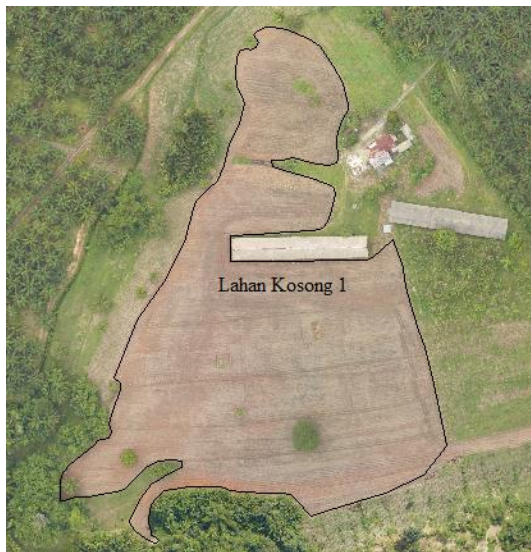
Pengambilan sampel pada lahan kosong 3 terdiri dari 35 titik. Dari 35 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. 44 Perbedaan Ketinggian Lahan Kosong 3

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 2,043 m dan terkecil sebesar 0,019 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,527 m.

Dari ketiga sampel area yang terdiri dari beberapa titik tersebut dapat dilihat bahwa pada lahan kosong 2 memiliki rata-rata perbedaan ketinggian yang paling kecil sebesar 0,140 m dan lahan kosong 1 memiliki rata-rata ketinggian paling besar sebesar 0,556 m. Sedangkan, rata-rata keseluruhan pada sampel lahan kosong sebesar 0,408 m. Perbedaan tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik masing-masing area. Gambaran karakteristik masing-masing area lahan kosong ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



(a) Lahan Kosong 1



(b) Lahan Kosong 2



(c) Lahan Kosong 3

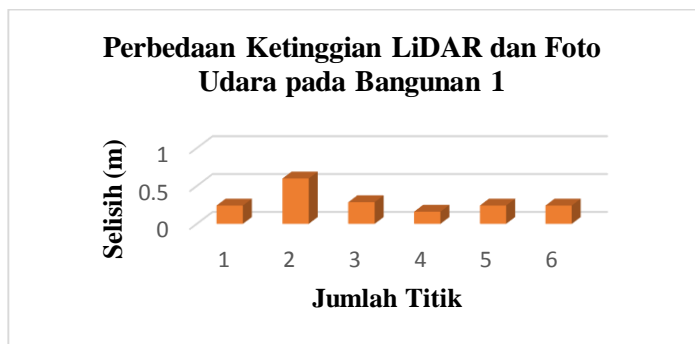
Gambar 4. 45 Karakteristik Sampel Lahan Kosong

e. Bangunan

Jenis tutupan lahan terakhir yang dilakukan pengambilan titik sampel adalah bangunan. Pada penelitian ini diambil tiga sampel area bangunan.

- Sampel Bangunan 1

Pengambilan sampel pada jalan 1 terdiri dari 6 titik. Dari 6 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:

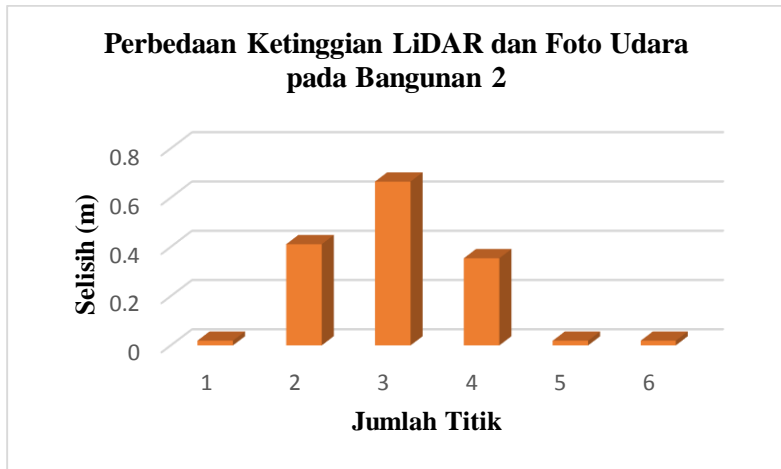


Gambar 4. 46 Perbedaan Ketinggian Bangunan 1

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 0,599 m dan terkecil sebesar 0,161 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,295 m.

- **Sampel Bangunan 2**

Pengambilan sampel pada bangunan 2 terdiri dari 6 titik. Dari 6 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:



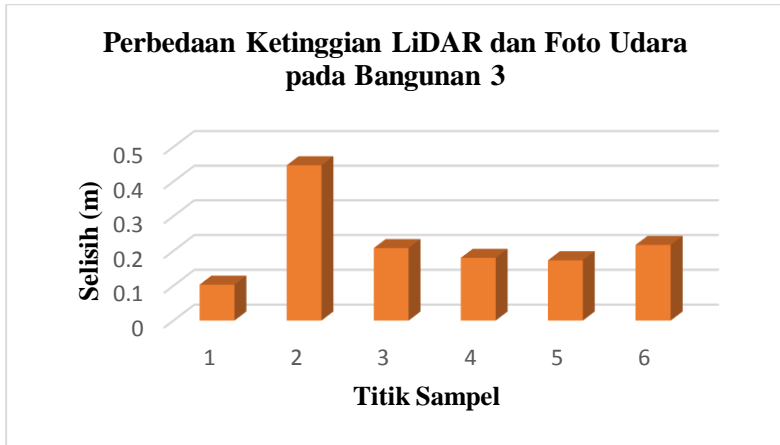
Gambar 4. 47 Perbedaan Ketinggian Bangunan 2

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 0,665 m dan terkecil sebesar 0,019 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,248 m.

- **Sampel Bangunan 3**

Pengambilan sampel pada bangunan 3 terdiri dari 6 titik. Dari 6 titik tersebut grafik perbedaan ketinggian antara

data LiDAR dan foto udara tergambar pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. 48 Perbedaan Ketinggian Bangunan 3

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perbedaan ketinggian terbesar sebesar 0,447 m dan terkecil sebesar 0,103 m. Rata-rata selisih ketinggian pada area sampel ini sebesar 0,221 m.

Dari ketiga sampel area yang terdiri dari beberapa titik tersebut dapat dilihat bahwa pada bangunan 3 memiliki rata-rata perbedaan ketinggian yang paling kecil sebesar 0,221 m dan jalan 1 memiliki rata-rata ketinggian paling besar sebesar 0,295 m. Sedangkan, rata-rata keseluruhan pada sampel area bangunan sebesar 0,255 m. Perbedaan tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik masing-masing area. Gambaran karakteristik masing-masing area bangunan ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



(a) Bangunan 1



(b) Bangunan 2



(c) Bangunan 3

Gambar 4. 49 Karakteristik Sampel Bangunan

Kelima jenis tutupan lahan tersebut kemudian dibandingkan rata-rata keseluruhan yang dihasilkan. Perbandingan tersebut dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4. 16 Perbandingan Titik Sampel Berdasarkan Jenis Area Sampel

No	Jenis Tutupan Lahan	Rata-rata Sampel	Rata-rata Keseluruhan Masing-masing Sampel
1	Sungai	0,579	0,512
		0,239	
		0,718	
		0,263	
2	Jalan	0,186	0,218
		0,206	

Tabel 4. 17 Perbandingan Titik Sampel Berdasarkan Jenis Area Sampel Lanjutan

No	Jenis Tutupan Lahan	Rata-rata Sampel	Rata-rata Keseluruhan Masing-masing Sampel
3	Vegetasi	0,666	0,640
		0,663	
		0,592	
4	Lahan Kosong	0,556	0,408
		0,142	
		0,5266	
5	Bangunan	0,295	0,255
		0,248	
		0,221	

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa sampel yang mempunyai selisih rata-rata paling besar atau perbedaan yang signifikan antara data LiDAR dan foto udara yaitu vegetasi sebesar 0,640 m. Jika melihat data yang diuji, angka tersebut menjadi logis karena titik sampel bukan merupakan area terbuka. Hal tersebut dapat terjadi karena pada waktu proses perekaman LiDAR dan proses *stereoplotting* area tertutup oleh vegetasi. Sedangkan, untuk jalan memiliki rata-rata paling kecil sebesar 0,218 m karena jalan termasuk yang terbuka sehingga mudah untuk menentukan *ground* atau tanah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil hitung ketelitian berdasarkan uji LE90 pengolahan data DTM LiDAR yang dibandingkan dengan nilai GCP/ICP sebesar 0,571 m
2. Hasil hitung ketelitian berdasarkan uji LE90 pengolahan data DTM foto udara yang dibandingkan dengan nilai GCP/ICP sebesar 1,099 m
3. Berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar hasil pengolahan data LiDAR pada ketelitian peta skala 1:5000 masuk ke dalam klasifikasi kelas 1. Sedangkan, hasil pengolahan data foto udara masuk ke dalam klasifikasi kelas 2
4. Hasil analisis di area studi penelitian ini menunjukkan bahwa pengambilan titik sampel menghasilkan selisih rata-rata paling besar atau perbedaan yang signifikan antara data LiDAR dan foto udara yaitu vegetasi sebesar 0,640 m. Sedangkan, untuk jalan memiliki rata-rata paling kecil sebesar 0,218 m. Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, kontur hasil *stereoplotting* lebih sederhana, bersih, dan tidak membingungkan sesuai dengan syarat peta apabila dibandingkan dengan hasil kontur LiDAR. Kontur data LiDAR tergantung pada Model TIN yang dihasilkan. Sedangkan, untuk kontur data foto udara sangat tergantung pada pembuatan *breakline* dan *masspoint* pada proses *stereoplotting*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses *stereoplotting* membutuhkan tingkat ketelitian dan hati-hati yang tinggi dikarenakan hasil dari kontur foto udara sangat tergantung pada proses ini
2. Analisis ketelitian akan lebih baik apabila titik ICP/GCP yang digunakan sebagai pembanding lebih dari 2 untuk menghasilkan hasil yang lebih baik
3. Jenis tutupan lahan atau karakteristik area dalam melakukan pemilihan titik sampel harus bervariasi agar mengetahui tingkat perbandingan antara data LiDAR dan Foto Udara untuk area yang berbeda karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, H. N. (2015). *Kajian Akurasi DEM Hasil Stereoplotting Interaktif pada Foto Udara Format Kecil*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Aprilana. (2010). *Proses Stereoplotting Data IFSAR untuk Memutakhirkan Peta RBI Skala 1:25.000 Daerah Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan*. Jurnal Rekayasa Institut Teknologi Nasional, LPPM Itenas, No.4, Vol. XIV.
- Axelsson, P. 2000. *DEM Generation From Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models*. IAPRS, Vol. XXXIII, B4, Amsterdam, Netherlands:111–118.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*.
- Baltsavias, E., 1999. *Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54(2-3):164-198.
- Google Earth. 2016. <URL: <https://www.google.co.id/maps/>>. Dikunjungi pada tanggal 21 Desember 2016, jam 13.00.
- Harintaka. (2009). *Pemodelan Ketidakstabilan Kamera dan Gerakan Pesawat pada Saat Pemotretan Foto Udara Format Kecil*. <URL: http://repository.ugm.ac.id/digitasi/download.php?file=920_d2.pdf>. Dikunjungi pada tanggal 27 Januari 2017, jam 01.00.
- Harintaka, S., & Tanjung, M. (2008). *Evaluasi Penerapan Mini Bundle Block Adjustment pada Foto Udara Format Kecil*. Media Teknik, 239-247.

- Hariyanto, Teguh. (2003). *Photogrametri I (GD-1508)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hirt, C. (2015). *Digital Terrain Models*. Encyclopedia of Geodesy (Ed. E.W. Grafarend). Berlin: Heidelberg.
- Hobi, M. L. (2012). *Accuracy Assessment of Digital Surface Models Based on WorldView-2 and ADS80 Stereo Remote Sensing Data*. Sensors 2012, 6347-6368.
- Indradi & Tullus S. (2014). *Modul Kartografi*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Jumadi. (2008). *Pemodelan dan Simulasi Kenaikan Permukaan Air Laut Secara Tiga Dimensi (3D) dengan Menggunakan Data LIDAR (Light Detecting and Ranging)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Katona, E. (2006). *Digital Terrain Modelling*. Hongaria : University of Szeged.
- Kraus, K. (2007). *Photogrammetry : Geometry from Images and Laser Scans*. Germany.
- Melasari, I. (2014). *Kajian Akurasi Dem Hasil Stereoplotting pada Foto Udara Format Medium*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 29. 2012. Tentang Kawasan Ekonomi Khusus Sei Mangkei. Jakarta: Menteri hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Perkasa, W. Juni 2014. *Perkembangan Kawasan Ekonomi Khusus Sei Mangkei*. <URL: <http://www.seimangkei.com/2014/06/perkembangan-kawasan-ekonomi-khusus-sei-mangkei.html>>. Dikunjungi pada tanggal 21 Desember 2016, jam 13.00.

- Pertiwi, A. (2011). *Metoda interpolasi Inverse Distance untuk Peta Ketinggian*. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011). .
- Pranadita, S. (2013). *Pembuatan Model Elevasi Digital dari Stereoplotting Interaktif Foto Udara Format Sedang Kamera Digicam*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- PT. Prospera Consulting Engineers. (2013). *Penyusunan RP12JM 5 KSN (KSN PBTS Aceh-Sumut, Sulut-Gorontalo-Sulteng, Riau-Kepri, KSN PBPB Sabang, dan KSN Pacangsanak, serta Kawasan Sei Mangkei, dan sekitarnya)*. Jakarta: PT. Prospera Consulting Engineers.
- Purwanto, T. H. (2015). *Digital Terrain Modelling*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Rahmayudi, A., & Rizaldy, A. (2016). *Comparison of Semi Automatic DTM from Image Matching with DTM from LIDAR*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Volume XLI-B3. Prague: Czech Republic.
- Sari, D. R. (2016). *Analisa Geometrik True Orthophoto data LiDAR*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Susetyo, D. B., & Perdana, A. P. (2015). *Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Pembentukan Kontur Peta Rupabumi Indonesia (RBI)*. Seminar Nasional Penginderaan jauh.
- Tanjung, A. (2006). *Penerapan Bundle Block Adjustment pada Foto Udara Format Kecil untuk Menghasilkan Data Digital Terrain Model*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Tempfli, K . 1991. *DTM and Differential Modelling*. Proceeding ISPRS and OE EPE Joint Workshop on 51 Updating

Digital Data by Photogrammetric Methods 15-17
September 1991 Oxford, England:193-200.

Wolf, P. R., DeWitt, B. A. 2000. *Elements of Photogrammetry with Application in GIS*. McGraw-Hill Higher Education. 3rd Edition

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengambilan Titik Sampel

1. Data Sampel Sungai/Perairan 1

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
1	547530.158	349007.135	2.232 m	---	64.2°	17.468	15.828
2	547532.167	349008.106	5.673 m	2.232 m	67.3°	17.159	15.788
3	547537.399	349010.293	5.473 m	7.905 m	67.2°	16.124	15.4
4	547542.443	349012.411	6.159 m	13.378 m	67.2°	15.848	15.607
5	547548.118	349014.799	6.054 m	19.537 m	67.2°	16.174	15.666
6	547553.696	349017.147	4.505 m	25.591 m	67.3°	16.279	15.768
7	547557.848	349018.89	9.97 m	30.096 m	67.5°	16.219	15.846
8	547567.051	349022.715	4.225 m	40.066 m	70.2°	16.862	15.696
9	547571.025	349024.146	4.455 m	44.291 m	66.6°	17.021	15.981
10	547575.113	349025.913	2.578 m	48.746 m	64.4°	16.918	15.678
11	547577.436	349027.028	11.309 m	51.324 m	56.9°	16.878	15.845
12	547586.907	349033.2	7.61 m	62.633 m	54.2°	16.2	15.843
13	547593.078	349037.649	0.955 m	70.243 m	55.1°	16.145	15.717
14	547593.86	349038.196	3.958 m	71.198 m	37.4°	16.251	15.696
15	547596.26	349041.342	4.854 m	75.156 m	24.5°	16.329	15.73
16	547598.274	349045.757	5.826 m	80.011 m	37.4°	16.169	15.896
17	547601.81	349050.385	6.933 m	85.837 m	58.1°	16.534	15.807
18	547607.689	349054.054	1.808 m	92.77 m	58.3°	16.495	15.892
19	547609.226	349055.004	2.819 m	94.577 m	58.4°	16.558	15.934
20	547611.625	349056.482	19.241 m	97.396 m	45.3°	16.635	15.846
21	547625.292	349070.016	9.355 m	116.64 m	48.2°	15.895	15.667
22	547632.26	349076.253	4.852 m	125.99 m	49.2°	15.811	15.634
23	547635.933	349079.421	6.864 m	130.84 m	59.1°	15.673	15.609
24	547641.818	349082.949	6.309 m	137.71 m	75.4°	15.576	15.511

Lanjutan Data Sampel Sungai/Perairan 1

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
25	547647.921	349084.537	18.361 m	144.02 m	89.2°	15.87	15.847
26	547666.273	349084.8	8.789 m	162.38 m	81.8°	16.044	15.549
27	547674.968	349086.06	9.612 m	171.17 m	71.2°	16.084	15.498
28	547684.061	349089.166	9.366 m	180.78 m	95.4°	15.826	15.261
29	547693.383	349088.293	7.929 m	190.15 m	100.3°	15.802	15.295
30	547701.182	349086.877	12.735 m	198.08 m	104.1°	15.876	15.355
31	547713.532	349083.79	1.683 m	210.81 m	106.9°	15.856	15.556
32	547715.142	349083.303	1.414 m	212.49 m	106.8°	15.81	15.5
33	547716.495	349082.894	1.951 m	213.91 m	114.1°	15.721	15.384
34	547718.276	349082.1	4.436 m	215.86 m	114.0°	15.695	15.341
35	547722.326	349080.295	8.428 m	220.29 m	121.5°	15.676	15.326
36	547729.512	349075.897	0.3534 m	228.72 m	121.6°	15.949	15.414
37	547729.813	349075.712	4.271 m	229.07 m	115.7°	15.944	15.459
38	547733.662	349073.865	5.547 m	233.35 m	102.3°	15.781	15.461
39	547739.081	349072.689	9.162 m	238.89 m	83.4°	15.497	15.181
40	547748.178	349073.746	2.25 m	248.05 m	79.5°	16.394	15.446
41	547750.39	349074.155	0 m	250.3 m	79.5°	16.41	15.399
42	547750.39	349074.155	---	250.3 m	---	16.41	15.399

2. Data Sampel Sungai/Perairan 2

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
1	547983.455	349466.141	0.131 m	---	0.0°	20.694	20.389
2	547983.455	349466.272	11.335 m	0.131 m	275.3°	20.344	20.271
3	547972.173	349467.321	19.108 m	11.466 m	286.0°	20.837	20.39
4	547953.807	349472.569	21.058 m	30.574 m	290.8°	20.954	20.599
5	547934.13	349480.046	21.382 m	51.632 m	301.5°	20.338	20.093
6	547915.895	349491.197	13.511 m	73.014 m	294.1°	20.405	20.404
7	547903.564	349496.706	11.528 m	86.525 m	292.8°	20.52	20.51
8	547892.939	349501.167	13.523 m	98.052 m	271.7°	20.635	20.445
9	547879.427	349501.56	9.995 m	111.58 m	256.4°	20.798	20.23
10	547869.719	349499.199	12.738 m	121.57 m	242.4°	20.901	20.427
11	547858.437	349493.296	12.642 m	134.31 m	279.6°	20.629	20.298
12	547845.975	349495.394	15.073 m	146.95 m	305.1°	20.364	20.198
13	547833.644	349504.053	23.53 m	162.02 m	311.2°	20.558	20.008
14	547815.934	349519.532	12.525 m	185.55 m	324.8°	20.411	20.249
15	547808.719	349529.764	34.994 m	198.08 m	313.7°	21	20.255
16	547783.401	349553.902	18.817 m	233.07 m	337.0°	21	20.495
17	547776.055	349571.218	21.673 m	251.89 m	339.8°	20.791	20.417
18	547768.577	349591.551	16.202 m	273.56 m	324.9°	20.565	20.453
19	547759.263	349604.801	25.474 m	289.76 m	295.7°	20.799	20.455
20	547736.306	349615.82	10.546 m	315.24 m	286.7°	20.384	20.299
21	547726.205	349618.837	16.728 m	325.78 m	297.6°	20.353	20.529
22	547711.382	349626.577	12.707 m	342.51 m	321.7°	20.646	20.322
23	547703.511	349636.547	24.74 m	355.22 m	318.9°	20.925	20.726
24	547687.244	349655.175	17.932 m	379.96 m	308.5°	20.648	20.515
25	547673.208	349666.325	9.237 m	397.89 m	292.6°	20.405	20.456
26	547664.681	349669.867	8.189 m	407.13 m	263.6°	20.323	20.27
27	547656.547	349668.949	6.235 m	415.32 m	261.6°	20.548	20.713

Lanjutan Data Sampel Sungai/Perairan 2

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
28	547650.382	349668.031	17.852 m	421.55 m	230.9°	20.696	20.469
29	547636.542	349656.766	18.704 m	439.4 m	239.7°	20.565	20.56
30	547620.407	349647.32	13.213 m	458.11 m	245.4°	20.541	20.46
31	547608.403	349641.811	22.218 m	471.32 m	262.9°	20.871	20.775
32	547586.365	349639.056	---	493.54 m	---	20.872	20.77

3. Data Sampel Sungai/Perairan 3

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
1	546308.451	348444.438	6.402 m	---	69.8°	20.3	19.598
2	546314.455	348446.654	5.091 m	6.402 m	75.7°	21.194	19.13
3	546319.385	348447.917	6.717 m	11.493 m	87.9°	21.538	18.998
4	546326.095	348448.166	6.73 m	18.211 m	85.8°	21.474	18.905
5	546332.804	348448.663	9.169 m	24.94 m	102.6°	22.065	19.766
6	546341.751	348446.675	12.727 m	34.109 m	102.4°	21.481	19.558
7	546354.176	348443.941	10.411 m	46.836 m	123.3°	21.53	19.34
8	546362.874	348438.226	22.055 m	57.247 m	134.1°	20.505	18.565
9	546378.723	348422.901	8.98 m	79.302 m	145.5°	18.862	18.523
10	546383.804	348415.501	4.354 m	88.282 m	144.3°	18.811	18.261
11	546386.344	348411.967	5.068 m	92.636 m	149.7°	18.758	18.207
12	546388.898	348407.592	9.042 m	97.703 m	129.8°	18.679	18.358
13	546395.842	348401.806	9.75 m	106.75 m	113.4°	19.305	18.574
14	546404.789	348397.94	5.173 m	116.5 m	105.8°	19.745	18.005
15	546409.766	348396.536	3.93 m	121.67 m	79.2°	19.902	17.973
16	546413.624	348397.277	7.239 m	125.6 m	31.3°	20.051	18.051
17	546417.38	348403.462	5.872 m	132.84 m	19.8°	19.909	18.535
18	546419.368	348408.985	11.643 m	138.71 m	9.3°	19.399	18.2
19	546421.245	348420.471	10.872 m	150.35 m	1.4°	18.499	18.618
20	546421.509	348431.336	7.025 m	161.22 m	55.1°	18.018	17.745
21	546427.264	348435.361	12.347 m	168.25 m	64.9°	18.575	18.391
22	546438.438	348440.603	12.982 m	180.6 m	83.4°	18.79	18.826
23	546451.328	348442.106	12.514 m	193.58 m	86.3°	18.32	18.15
24	546463.81	348442.926	10.06 m	206.09 m	44.9°	17.912	17.675
25	546470.91	348450.047	7.384 m	216.15 m	44.1°	18.806	18.016
26	546476.046	348455.348	8.86 m	223.54 m	82.5°	19.342	18.042
27	546484.826	348456.508	22.727 m	232.4 m	87.5°	19.635	18.397

Lanjutan Data Sampel Sungai/Perairan 3

No	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of Aerial Photo (m)	Elevation of LiDAR (m)
28	546507.523	348457.502	15.35 m	255.12 m	95.0°	19.542	18.216
29	546522.81	348456.18	9.59 m	270.47 m	86.1°	17.933	17.852
30	546532.374	348456.839	9.025 m	280.06 m	45.8°	18.842	17.801
31	546538.835	348463.135	5.797 m	289.09 m	59.9°	18.563	18.013
32	546543.847	348466.044	6.297 m	294.89 m	90.0°	19.152	19.161
33	546550.142	348466.044	4.389 m	301.18 m	79.1°	19.354	18.733
34	546554.45	348466.873	3.921 m	305.57 m	47.1°	19.585	19.802
35	546557.321	348469.542	4.462 m	309.49 m	40.7°	19.779	19.858
36	546560.231	348472.922	7.531 m	313.95 m	70.2°	19.671	19.802
37	546567.313	348475.475	13.038 m	321.49 m	75.9°	19.317	19.425
38	546579.954	348478.65	4.627 m	334.52 m	82.6°	18.143	18.273
39	546584.54	348479.25	5.547 m	339.15 m	95.5°	18.062	18.131
40	546590.059	348478.716	5.969 m	344.7 m	106.9°	17.937	18.585
41	546595.769	348476.984	7.528 m	350.67 m	126.0°	17.591	17.733
42	546601.857	348472.56	4.247 m	358.19 m	117.8°	17.899	17.816
43	546605.612	348470.58	6.908 m	362.44 m	92.0°	17.727	17.552
44	546612.513	348470.336	6.841 m	369.35 m	78.1°	17.911	17.699
45	546619.204	348471.75	9.742 m	376.19 m	67.4°	17.55	17.357
46	546628.193	348475.495	8.034 m	385.93 m	63.9°	17.748	17.642
47	546635.404	348479.03	7.392 m	393.97 m	54.6°	17.561	17.678
48	546641.429	348483.308	0.796 m	401.36 m	48.1°	17.336	17.36
49	546642.021	348483.84	2.754 m	402.15 m	61.4°	17.337	17.375
50	546644.437	348485.16	1.663 m	404.91 m	80.5°	17.499	17.45
51	546646.077	348485.434	2.707 m	406.57 m	80.6°	17.596	17.702
52	546648.746	348485.879	0.065 m	409.28 m	260.3°	17.832	18.119
53	546648.682	348485.868	---	409.34 m	---	17.827	18.109

4. Data Sampel Jalan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	548605.9	348533.2	12.784 m	---	312.5°	28.579	28.628
2	548596.5	348541.8	10.952 m	12.784 m	312.1°	28.603	28.645
3	548588.3	348549.2	17.595 m	23.736 m	310.6°	28.521	28.433
4	548575	348560.6	12.175 m	41.331 m	303.0°	28.257	28.079
5	548564.8	348567.2	14.637 m	53.507 m	302.5°	27.842	27.903
6	548552.4	348575.1	9.956 m	68.144 m	299.8°	27.454	27.67
7	548543.8	348580	14.372 m	78.1 m	299.0°	27.102	27.491
8	548531.2	348587	11.401 m	92.472 m	295.1°	26.943	27.003
9	548520.9	348591.8	13.697 m	103.87 m	292.2°	26.791	26.876
10	548508.2	348597	9.592 m	117.57 m	290.6°	26.691	26.723
11	548499.2	348600.3	8.734 m	127.16 m	288.0°	26.651	26.622
12	548490.9	348603	15.41 m	135.89 m	287.4°	26.569	26.536
13	548476.2	348607.6	16.934 m	151.3 m	288.6°	26.203	26.393
14	548460.2	348613	36.657 m	168.24 m	286.6°	26.293	26.156
15	548425	348623.5	22.69 m	204.9 m	287.3°	25.649	25.691
16	548403.4	348630.2	22.549 m	227.59 m	287.1°	25.376	25.403
17	548381.8	348636.8	19.291 m	250.14 m	286.2°	25.006	25.007
18	548363.3	348642.2	26.883 m	269.43 m	287.0°	24.716	24.742
19	548337.6	348650	36.969 m	296.31 m	287.0°	24.594	24.535
20	548302.3	348660.8	30.399 m	333.28 m	287.0°	24.258	24.219
21	548273.2	348669.7	24.25 m	363.68 m	287.5°	23.594	23.582
22	548250.1	348677	20.882 m	387.93 m	286.9°	22.359	22.721
23	548230.1	348683	18.582 m	408.81 m	286.2°	21.106	21.961
24	548212.3	348688.2	19.422 m	427.39 m	287.5°	20.149	20.128
25	548193.8	348694	23.259 m	446.81 m	287.1°	19.382	19.077
26	548171.5	348700.9	8.173 m	470.07 m	286.0°	19.075	17.971

Lanjutan Data Sampel Jalan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
27	548163.7	348703.1	2.41 m	478.25 m	297.8°	17.836	16.693
28	548161.5	348704.3	7.71 m	480.66 m	286.1°	16.239	16.26
29	548154.1	348706.4	7.434 m	488.37 m	284.9°	17.245	16.136
30	548147	348708.3	17.54 m	495.8 m	287.5°	18.975	17.363
31	548130.2	348713.6	26.926 m	513.34 m	286.5°	19.308	18.915
32	548104.4	348721.2	31.497 m	540.27 m	287.2°	20.36	19.947
33	548074.3	348730.5	25.356 m	571.76 m	287.0°	21.717	21.975
34	548050.1	348737.9	30.64 m	597.12 m	287.7°	21.626	21.934
35	548020.9	348747.2	33.265 m	627.76 m	288.5°	20.498	20.498
36	547989.4	348757.8	22.971 m	661.02 m	287.7°	19.447	18.307
37	547967.5	348764.7	14.024 m	683.99 m	289.2°	19.02	17.083
38	547954.3	348769.3	19.952 m	698.02 m	288.1°	17.956	16.474
39	547935.3	348775.5	31.561 m	717.97 m	288.9°	19.247	18.35
40	547905.5	348785.7	16.403 m	749.53 m	289.2°	19.711	19.641
41	547890	348791.1	27.481 m	765.94 m	289.3°	20.157	20.042
42	547864	348800.2	15.656 m	793.42 m	288.8°	21.364	22.092
43	547849.2	348805.3	14.769 m	809.07 m	288.2°	22.111	22.913
44	547835.2	348809.9	15.807 m	823.84 m	290.4°	22.963	23.266
45	547820.4	348815.4	21.235 m	839.65 m	289.8°	23.805	23.684
46	547800.4	348822.5	13.429 m	860.88 m	293.2°	24.594	24.355
47	547788.1	348827.8	14.311 m	874.31 m	295.6°	24.918	24.56
48	547775.2	348834	14.873 m	888.62 m	298.9°	24.978	24.894
49	547762.1	348841.2	13.816 m	903.5 m	298.7°	25.163	25.135
50	547750	348847.8	18.951 m	917.31 m	306.4°	25.511	25.046
51	547734.8	348859	22.413 m	936.26 m	310.0°	25.562	25.384
52	547717.6	348873.4	11.118 m	958.68 m	316.7°	25.354	25.384

Lanjutan Data Sampel Jalan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
53	547710	348881.5	23.625 m	969.79 m	318.7°	25.049	25.109
54	547694.4	348899.2	6.77 m	993.42 m	319.7°	24.356	24.423
55	547690	348904.4	14.101 m	1 km	322.8°	24.118	24.204
56	547681.5	348915.6	15.912 m	1.014 km	327.1°	23.645	23.751
57	547672.8	348928.9	22.433 m	1.03 km	330.0°	22.747	22.929
58	547661.6	348948.4	14.865 m	1.053 km	332.1°	21.739	21.756
59	547654.6	348961.5	26.359 m	1.068 km	332.9°	21.058	21.299
60	547642.6	348984.9	20.943 m	1.094 km	335.0°	20.022	20.308
61	547633.8	349003.9	32.008 m	1.115 km	334.0°	19.56	19.184
62	547619.7	349032.7	18.716 m	1.147 km	329.8°	19.316	19.302
63	547610.3	349048.8	21.218 m	1.166 km	328.4°	18.489	17.469
64	547599.2	349066.9	23.261 m	1.187 km	323.3°	19.356	19.212
65	547585.3	349085.5	19.327 m	1.21 km	318.6°	19.479	19.245
66	547572.5	349100	9.925 m	1.229 km	314.8°	20.082	19.86
67	547558.3	349114	21.481 m	1.249 km	311.2°	20.568	20.841
68	547542.2	349128.2	13.816 m	1.271 km	308.8°	21.648	21.603
69	547531.4	349136.8	21.987 m	1.285 km	308.2°	22.44	22.443
70	547514.1	349150.4	21.555 m	1.307 km	307.2°	23.507	23.656
71	547497	349163.4	23.937 m	1.328 km	307.6°	24.677	24.722
72	547478	349178	22.233 m	1.352 km	308.1°	25.931	25.766
73	547460.5	349191.7	19.332 m	1.374 km	306.8°	26.534	26.559
74	547445	349203.2	50.295 m	1.394 km	306.8°	27.199	26.809
75	547404.7	349233.3	14.505 m	1.444 km	307.2°	27.812	27.646
76	547393.2	349242.1	15.113 m	1.458 km	306.0°	27.85	27.804
77	547380.9	349250.9	28.56 m	1.474 km	306.7°	28.014	27.987
78	547358	349268	15.785 m	1.502 km	307.2°	28.149	28.24

Lanjutan Data Sampel Jalan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
79	547345.5	349277.5	6.291 m	1.518 km	304.8°	28.411	28.416
80	547340.3	349281.1	32.208 m	1.524 km	308.4°	28.384	28.492
81	547315	349301.1	21.403 m	1.556 km	305.6°	28.781	28.773
82	547297.7	349313.6	26.586 m	1.578 km	307.5°	28.989	28.818
83	547276.6	349329.7	40.079 m	1.604 km	307.1°	28.675	28.565
84	547244.6	349353.9	29.032 m	1.644 km	306.8°	28.365	28.273
85	547221.3	349371.2	18.796 m	1.673 km	308.0°	28.444	28.381
86	547206.5	349382.8	29.728 m	1.692 km	307.2°	28.468	28.384
87	547182.9	349400.8	32.714 m	1.722 km	306.9°	28.429	28.476
88	547156.7	349420.4	14.799 m	1.755 km	305.8°	28.601	28.513
89	547144.7	349429	15.675 m	1.769 km	308.0°	28.489	28.427
90	547132.4	349438.7	23.239 m	1.785 km	307.2°	28.416	28.374
91	547113.8	349452.7	19.422 m	1.808 km	306.6°	28.292	27.927
92	547098.2	349464.3	24.676 m	1.828 km	307.3°	28.309	28.088
93	547078.6	349479.2	35.506 m	1.853 km	308.1°	28.314	28.075
94	547050.7	349501.1	20.118 m	1.888 km	307.1°	28.17	28.075
95	547034.6	349513.2	30.174 m	1.908 km	309.0°	28.238	28.113
96	547011.1	349532.2	20.957 m	1.938 km	310.0°	27.811	27.759
97	546995.1	349545.6	32.015 m	1.959 km	308.9°	27.84	27.78
98	546970.2	349565.7	22.828 m	1.991 km	309.0°	27.949	27.883
99	546952.5	349580.1	40.319 m	2.014 km	310.1°	27.963	27.954
100	546921.6	349606	36.438 m	2.054 km	309.6°	27.938	27.876
101	546893.5	349629.2	30.665 m	2.091 km	308.8°	27.639	27.685
102	546869.6	349648.4	25.474 m	2.122 km	310.7°	27.285	27.132
103	546850.3	349665	41.011 m	2.147 km	309.2°	27.085	26.902
104	546818.6	349691	12.52 m	2.188 km	309.6°	26.008	26.576

Lanjutan Data Sampel Jalan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
105	546808.9	349698.9	28.035 m	2.201 km	308.7°	25.743	25.839
106	546787	349716.4	23.618 m	2.229 km	309.2°	25.367	25.243
107	546768.7	349731.4	33.121 m	2.252 km	310.6°	25.295	24.793
108	546743.6	349752.9	21.951 m	2.285 km	309.0°	25.473	26.007
109	546726.6	349766.7	11.801 m	2.307 km	309.6°	25.655	25.866
110	546717.5	349774.2	27.814 m	2.319 km	309.9°	25.46	26
111	546696.1	349792.1	29.825 m	2.347 km	308.1°	25.143	25.428
112	546672.7	349810.5	27.832 m	2.377 km	310.0°	24.641	24.769
113	546651.4	349828.4	38.31 m	2.405 km	309.1°	23.944	24.631
114	546621.6	349852.5	18.816 m	2.443 km	309.7°	22.405	22.983
115	546607.1	349864.5	23.344 m	2.462 km	310.1°	21.788	21.823
116	546589.3	349879.5	22.568 m	2.485 km	307.7°	21.007	20.893
117	546571.5	349893.3	35.547 m	2.508 km	309.9°	20.506	20.419
118	546544.2	349916.1	22.022 m	2.543 km	309.2°	20.408	19.409
119	546527.1	349930	28.557 m	2.565 km	311.4°	20.482	19.897
120	546505.7	349948.9	25.562 m	2.594 km	314.7°	20.138	20.072
121	546487.5	349966.8	22.711 m	2.619 km	320.0°	20.248	20.172
122	546472.9	349984.2	---	2.642 km	---	20.569	20.691

5. Data Sampel Jalan 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	548063.7	348730.1	20.668 m	---	197.1°	21.79	21.816
2	548057.7	348710.4	19.998 m	20.668 m	200.4°	21.801	22.136
3	548050.7	348691.6	19.596 m	40.666 m	201.9°	22.333	23
4	548043.4	348673.5	18.83 m	60.262 m	210.9°	23.003	23.969
5	548033.8	348657.3	17.788 m	79.092 m	223.5°	23.337	23.424
6	548021.5	348644.4	11.245 m	96.88 m	238.1°	23.603	23.47
7	548012	348638.4	19.731 m	108.13 m	243.3°	23.775	23.583
8	547994.4	348629.6	22.551 m	127.86 m	245.0°	23.874	23.861
9	547974	348620	27.05 m	150.41 m	246.5°	24.084	24.153
10	547949.2	348609.3	27.985 m	177.46 m	245.6°	24.271	24.72
11	547923.7	348597.7	22.319 m	205.44 m	246.3°	24.542	24.903
12	547903.3	348588.7	37.323 m	227.76 m	245.3°	24.828	24.89
13	547869.4	348573.1	27.325 m	265.08 m	245.2°	25.273	25.968
14	547844.6	348561.7	17.116 m	292.41 m	247.7°	25.634	25.647
15	547828.7	348555.2	18.034 m	309.53 m	245.4°	25.53	25.632
16	547812.4	348547.7	26.684 m	327.56 m	245.9°	25.609	25.429
17	547788	348536.8	16.02 m	354.24 m	244.7°	25.718	25.316
18	547773.5	348529.9	24.087 m	370.26 m	246.7°	25.795	25.612
19	547751.4	348520.4	20.598 m	394.35 m	245.6°	25.757	25.602
20	547732.7	348511.9	17.133 m	414.95 m	245.6°	25.771	25.703
21	547717.1	348504.8	19.987 m	432.08 m	244.8°	25.839	25.786
22	547699	348496.3	12.249 m	452.07 m	250.8°	25.878	25.887
23	547687.4	348492.2	18.025 m	464.32 m	256.3°	25.94	25.911
24	547669.9	348488	14.576 m	482.34 m	258.0°	26.032	25.823
25	547655.7	348484.9	60.289 m	496.92 m	257.9°	26.041	26
26	547596.8	348472.2	29.152 m	557.21 m	258.0°	25.979	25.504
27	547568.3	348466.2	28.952 m	586.36 m	258.8°	26.094	26.167

Lanjutan Data Sampel Jalan 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
28	547539.9	348460.6	26.662 m	615.31 m	258.9°	26.256	26.247
29	547513.7	348455.4	27.037 m	641.97 m	258.5°	26.356	26.507
30	547487.2	348450	20.85 m	669.01 m	258.5°	26.573	26.653
31	547466.8	348445.9	28.567 m	689.86 m	257.1°	26.73	26.983
32	547439	348439.5	20.74 m	718.43 m	258.5°	27.074	27.231
33	547418.7	348435.3	14.576 m	739.17 m	258.0°	27.421	27.395
34	547404.4	348432.3	19.289 m	753.75 m	257.9°	27.6	27.567
35	547385.6	348428.2	34.485 m	773.03 m	257.6°	27.825	27.779
36	547351.9	348420.8	17.345 m	807.52 m	235.5°	28.277	28.101
37	547337.6	348411	19.582 m	824.86 m	210.2°	28.234	28.191
38	547327.8	348394.1	68.973 m	844.45 m	200.4°	28.368	28.333
39	547303.8	348329.5	98.797 m	913.42 m	202.2°	28.875	28.887
40	547266.5	348238	99.302 m	1.012 km	201.4°	29.583	30.072
41	547230.3	348145.6	52.371 m	1.112 km	197.3°	30.272	30.256
42	547214.8	348095.6	75.27 m	1.164 km	194.9°	29.717	30
43	547195.5	348022.9	189.03 m	1.239 km	195.8°	29.71	29.437
44	547144	347841.1	42.835 m	1.428 km	195.4°	32.671	32.88
45	547132.6	347799.8	20.315 m	1.471 km	192.6°	32.588	32.393
46	547128.2	347779.9	55.966 m	1.491 km	200.9°	32.302	32.183
47	547108.2	347727.7	34.994 m	1.547 km	202.5°	32.157	32
48	547094.8	347695.4	60.902 m	1.582 km	200.4°	32.443	32.498
49	547073.6	347638.3	1.071 m	1.643 km	20.4°	33.312	33.517
50	547074	347639.3	1.071 m	1.644 km	200.4°	33.297	33.515
51	547073.6	347638.3	---	1.645 km	---	33.312	33.517

5. Data Sampel Jalan 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo(m)
1	547280.8	349437.1	42.607 m	---	309.2°	27.053	27.125
2	547247.8	349464	47.09 m	42.607 m	310.1°	27.217	27.267
3	547211.7	349494.3	20.404 m	89.696 m	311.3°	26.912	26.95
4	547196.4	349507.8	41.871 m	110.1 m	308.0°	26.956	27.016
5	547163.4	349533.5	15.553 m	151.97 m	303.5°	27.047	27
6	547150.5	349542.1	13.345 m	167.52 m	317.1°	27.09	27
7	547141.4	349551.9	10.366 m	180.87 m	313.0°	26.855	26.979
8	547133.8	349558.9	28.272 m	191.23 m	308.7°	26.808	26.825
9	547111.8	349576.6	43.38 m	219.51 m	307.3°	26.64	26.655
10	547077.2	349602.9	23.858 m	262.89 m	311.6°	26.294	26.207
11	547059.4	349618.7	31.654 m	286.74 m	310.5°	26.69	26.08
12	547035.3	349639.2	28.404 m	318.4 m	311.2°	26.962	26.063
13	547014	349657.9	37.301 m	346.8 m	309.9°	27.121	27.174
14	546985.3	349681.8	34.284 m	384.1 m	310.4°	27.779	27.615
15	546959.2	349704	24.586 m	418.39 m	311.1°	28.145	27.89
16	546940.7	349720.2	18.814 m	442.97 m	315.0°	27.367	27.162
17	546927.4	349733.5	10.715 m	461.79 m	300.2°	26.762	26.698
18	546918.2	349738.9	12.984 m	472.5 m	303.9°	26.742	26.604
19	546907.4	349746.1	18.933 m	485.48 m	315.4°	26.635	26.599
20	546894.1	349759.6	18.339 m	504.42 m	315.8°	26.857	26.753
21	546881.3	349772.7	17.465 m	522.76 m	309.5°	26.984	26.859
22	546867.8	349783.8	22.942 m	540.22 m	310.3°	26.974	26.946
23	546850.3	349798.6	19.789 m	563.16 m	312.3°	26.805	26.697
24	546835.7	349811.9	13.845 m	582.95 m	311.1°	25.225	25.233
25	546825.3	349821	16.28 m	596.8 m	309.1°	23.747	24.099
26	546812.6	349831.3	19.35 m	613.08 m	301.5°	22.215	22.127
27	546796.1	349841.4	17.383 m	632.43 m	305.6°	20.879	20.531

Lanjutan Data Sampel Jalan 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo(m)
28	546782	349851.5	20.786 m	649.81 m	310.4°	20.81	20.642
29	546766.2	349865	14.796 m	670.6 m	311.3°	22.398	22.305
30	546755.1	349874.7	27.343 m	685.39 m	310.8°	23.154	23.324
31	546734.4	349892.6	21.331 m	712.74 m	317.3°	24.637	24.607
32	546719.9	349908.2	6.617 m	734.07 m	336.4°	25.923	25.779
33	546717.2	349914.3	21.167 m	740.68 m	45.7°	26.092	26.002
34	546732.4	349929	34.331 m	761.85 m	47.7°	25.572	25.519
35	546757.8	349952.2	14.888 m	796.18 m	75.3°	25.272	25.107
36	546772.1	349955.9	72.898 m	811.07 m	79.2°	24.909	24.825
37	546843.7	349969.6	72.847 m	883.97 m	83.5°	21.906	21.97
38	546916.1	349977.9	109.9 m	956.81 m	80.4°	20.602	20.007
39	547024.4	349996.2	52.054 m	1.067 km	79.6°	25.132	24.485
40	547075.6	350005.6	94.736 m	1.119 km	79.9°	22.537	20.803

6. Data Sampel Vegetasi 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	546277.8	347644.9	76.939 m	---	1.4°	33.637	32.889
2	546279.7	347721.8	18.477 m	76.939 m	15.5°	26.456	26.137
3	546284.6	347739.6	8.413 m	95.415 m	35.9°	24.732	25.292
4	546289.6	347746.4	14.576 m	103.83 m	99.0°	24.184	24.427
5	546304	347744.1	16.075 m	118.4 m	81.9°	29.691	28.245
6	546319.9	347746.4	21.52 m	134.48 m	26.1°	31.884	30.345
7	546329.3	347765.7	8.573 m	156 m	45.0°	31.174	29.639
8	546335.4	347771.8	18.948 m	164.57 m	91.2°	30.947	29.131
9	546354.3	347771.4	11.265 m	183.52 m	47.7°	31.399	31.052
10	546362.7	347779	15.539 m	194.79 m	358.6°	31.677	31.098
11	546362.3	347794.5	15.084 m	210.33 m	334.7°	31.223	30.292
12	546355.8	347808.1	9.88 m	225.41 m	4.4°	29.994	27.813
13	546356.6	347818	17.134 m	235.29 m	18.1°	28.476	27.488
14	546361.9	347834.3	13.645 m	252.42 m	1.6°	26.179	27.686
15	546362.3	347847.9	33.634 m	266.07 m	345.7°	28.024	28.325
16	546354	347880.5	24.302 m	299.7 m	329.1°	29.772	28.37
17	546341.5	347901.3	10.988 m	324.01 m	0.0°	29.89	27.985
18	546341.5	347912.3	11.467 m	334.99 m	82.4°	29.978	28.34
19	546352.8	347913.8	19.88 m	346.46 m	97.7°	31.065	29.64
20	546372.5	347911.1	16.817 m	366.34 m	67.5°	30.397	29.545
21	546388	347917.6	22.2 m	383.16 m	62.6°	30.376	29.056
22	546407.7	347927.8	17.52 m	405.36 m	53.8°	29.626	27.441
23	546421.9	347938.2	11.843 m	422.88 m	82.7°	29.867	27.35
24	546433.6	347939.7	11.168 m	434.72 m	35.5°	30.083	27.974
25	546440.1	347948.8	7.775 m	445.89 m	342.4°	27.785	26.665
26	546437.7	347956.2	6.706 m	453.67 m	331.5°	24.215	23.756

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
27	546434.5	347962.1	10.507 m	460.37 m	353.6°	21.852	21.686
28	546433.4	347972.5	7.241 m	470.88 m	0.0°	20.704	20.928
29	546433.4	347979.7	6.643 m	478.12 m	59.6°	21.281	20.35
30	546439.1	347983.1	10.92 m	484.76 m	73.0°	20.271	20.42
31	546449.5	347986.3	11.543 m	495.68 m	71.2°	20.067	20.224
32	546460.4	347990	6.871 m	507.23 m	36.1°	20.475	19.627
33	546464.5	347995.6	10.612 m	514.1 m	38.3°	19.113	19.132
34	546471	348003.9	11.683 m	524.71 m	72.1°	19.349	19.716
35	546482.2	348007.5	9.346 m	536.39 m	90.0°	19.298	19.606
36	546491.5	348007.5	16.302 m	545.74 m	102.6°	19.294	19.253
37	546507.4	348004	17.577 m	562.04 m	97.5°	19.367	19.476
38	546524.8	348001.7	22.986 m	579.62 m	90.0°	19.961	19.822
39	546547.8	348001.7	15.915 m	602.6 m	90.9°	19.788	19.378
40	546563.7	348001.4	24.721 m	618.52 m	82.4°	19.579	19.351
41	546588.2	348004.7	26.037 m	643.24 m	87.8°	19.446	19.295
42	546614.2	348005.7	18.073 m	669.27 m	76.1°	19.591	19.449
43	546631.7	348010.1	6.076 m	687.35 m	62.5°	19.508	19.271
44	546637.1	348012.9	11.519 m	693.42 m	91.3°	19.05	18.901
45	546648.6	348012.6	5.328 m	704.94 m	121.5°	19.466	18.889
46	546653.2	348009.9	12.387 m	710.27 m	140.8°	19.485	18.952
47	546661	348000.3	14.4 m	722.66 m	111.6°	19.126	18.964
48	546674.4	347995	16.862 m	737.06 m	98.6°	19.298	19.227
49	546691.1	347992.4	25.731 m	753.92 m	76.4°	18.62	19.163
50	546716.1	347998.5	29.787 m	779.65 m	67.6°	18.949	18.573
51	546743.6	348009.9	12.263 m	809.44 m	57.6°	18.574	18.625
52	546753.9	348016.4	12.632 m	821.7 m	88.9°	18.334	18.93

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
53	546766.6	348016.7	11.353 m	834.33 m	69.2°	18.771	18.619
54	546777.2	348020.7	8.397 m	845.69 m	96.9°	18.233	18.548
55	546785.5	348019.7	21.079 m	854.08 m	136.0°	18.651	18.911
56	546800.1	348004.6	16.255 m	875.16 m	123.0°	18.303	19
57	546813.8	347995.7	10.888 m	891.42 m	86.0°	18.584	18.519
58	546824.6	347996.5	13.388 m	902.3 m	90.0°	18.056	18.727
59	546838	347996.5	17.611 m	915.69 m	98.3°	18.351	18.638
60	546855.4	347994	10.369 m	933.3 m	87.2°	18.684	18.447
61	546865.8	347994.5	15.031 m	943.67 m	65.2°	18.334	18.525
62	546879.4	348000.8	13.798 m	958.7 m	66.3°	17.795	18.754
63	546892.1	348006.3	40.794 m	972.5 m	85.1°	18.081	18.255
64	546932.7	348009.8	8.259 m	1.013 km	113.5°	26.16	25.616
65	546940.3	348006.5	18.755 m	1.022 km	134.5°	27.52	26.937
66	546953.6	347993.4	10.66 m	1.04 km	143.7°	26.648	26.164
67	546960	347984.8	16.168 m	1.051 km	179.1°	24.44	24.099
68	546960.2	347968.7	11.81 m	1.067 km	228.5°	25.121	24.491
69	546951.4	347960.8	22.258 m	1.079 km	260.9°	25.872	25.242
70	546929.4	347957.3	33.642 m	1.101 km	267.0°	28.121	27.228
71	546895.8	347955.5	29.864 m	1.135 km	261.8°	28.089	27.019
72	546866.3	347951.2	28.386 m	1.165 km	240.7°	27.835	26.296
73	546841.5	347937.4	16.62 m	1.193 km	226.9°	27.916	27.93
74	546829.4	347926	18.048 m	1.21 km	223.3°	28.321	28.13
75	546817	347912.9	18.441 m	1.228 km	203.4°	28.661	27.748
76	546809.7	347895.9	15.952 m	1.246 km	169.1°	28.459	27.554
77	546812.7	347880.3	24.199 m	1.262 km	126.5°	28.254	27.364
78	546832.2	347865.9	21.672 m	1.286 km	111.2°	26.39	26.351

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
79	546852.4	347858.1	22.194 m	1.308 km	131.3°	24.49	23.55
80	546869.1	347843.4	20.885 m	1.33 km	147.9°	23.964	22.877
81	546880.2	347825.8	11.644 m	1.351 km	167.5°	23.466	23.142
82	546882.7	347814.4	21.554 m	1.363 km	190.1°	23.645	23.032
83	546878.9	347793.2	33.401 m	1.384 km	202.7°	26.212	26.394
84	546866	347762.4	18.875 m	1.418 km	195.5°	27.143	27.274
85	546861	347744.2	20.364 m	1.437 km	125.7°	27.295	27.23
86	546877.5	347732.3	33.135 m	1.457 km	117.9°	25.599	25.186
87	546906.8	347716.9	32.083 m	1.49 km	116.2°	24.072	22.916
88	546935.6	347702.7	14.235 m	1.522 km	117.5°	26.245	26.221
89	546948.2	347696.2	22.621 m	1.536 km	150.6°	27.989	27.76
90	546959.3	347676.5	14.262 m	1.559 km	157.1°	29.925	29.588
91	546964.9	347663.3	16.2 m	1.573 km	190.8°	30.362	30.104
92	546961.8	347647.4	14.937 m	1.589 km	183.9°	31.333	30.902
93	546960.8	347632.5	0 m	1.604 km	271.1°	31.582	30.097
94	546960.8	347632.5	683.38 m	1.604 km	271.1°	31.582	30.097
95	546277.8	347644.9	---	2.288 km	---	33.637	32.889

7. Data Sampel Vegetasi 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	547504.9	349965.8	12.199 m	---	6.4°	20.395	20.605
2	547506.3	349977.9	9.107 m	12.199 m	19.5°	22.442	21.788
3	547509.3	349986.5	13 m	21.307 m	36.6°	23.502	23.123
4	547517	349996.9	9.633 m	34.307 m	36.5°	24.224	24.583
5	547522.8	350004.7	8.005 m	43.939 m	75.4°	24.843	24.514
6	547530.5	350006.7	9.225 m	51.945 m	111.4°	24.999	23.48
7	547539.1	350003.3	12.284 m	61.17 m	118.7°	25.119	24.6
8	547549.9	349997.4	11.794 m	73.454 m	133.3°	25.027	24.565
9	547558.4	349989.3	13.045 m	85.247 m	129.3°	25.28	23.222
10	547568.5	349981.1	6.857 m	98.292 m	114.7°	24.731	23.323
11	547574.8	349978.2	7.474 m	105.15 m	104.4°	25.051	23.74
12	547582	349976.4	6.774 m	112.62 m	124.9°	25.573	24.001
13	547587.6	349972.5	13.511 m	119.4 m	190.1°	25.641	24.362
14	547585.2	349959.2	15.207 m	132.91 m	199.8°	25.532	25.31
15	547580.1	349944.9	12.336 m	148.12 m	137.5°	25.751	25.137
16	547588.4	349935.8	13.137 m	160.45 m	178.9°	26.109	25.661
17	547588.7	349922.7	18.021 m	173.59 m	238.8°	26.013	25.547
18	547573.3	349913.3	18.775 m	191.61 m	259.2°	25.004	24.792
19	547554.8	349909.8	12 m	210.38 m	300.4°	21.81	22.64
20	547544.5	349915.9	18.775 m	222.39 m	19.7°	20.217	20.515
21	547550.8	349933.5	16.971 m	241.16 m	14.7°	20.499	20.914
22	547555.1	349949.9	8.37 m	258.13 m	5.2°	19.918	21.235
23	547555.8	349958.3	8.339 m	266.5 m	305.2°	19.688	20.17
24	547549	349963.1	9.219 m	274.84 m	279.5°	19.743	20.064
25	547539.9	349964.6	17.416 m	284.06 m	289.5°	19.691	19.803
26	547523.5	349970.4	9.88 m	301.48 m	265.6°	19.371	20.038
27	547513.7	349969.6	9.575 m	311.36 m	246.2°	19.664	20.012

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
28	547504.9	349965.8	0 m	320.93 m	246.2°	20.395	20.605
29	547504.9	349965.8	---	320.93 m	---	20.395	20.605

8. Data Sampel Vegetasi 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	547200.3	348909.3	110.84 m	---	220.7°	26.993	26.874
2	547128.2	348825.2	33.198 m	110.84 m	218.1°	27.045	26.795
3	547107.7	348799.1	18.833 m	144.04 m	264.8°	26.78	26.456
4	547089	348797.3	46.063 m	162.87 m	279.3°	26.843	26.52
5	547043.5	348804.7	29.406 m	208.93 m	228.9°	26.826	26.888
6	547021.4	348785.4	18.617 m	238.34 m	257.7°	27.559	27.213
7	547003.2	348781.4	51.918 m	256.95 m	275.0°	27.304	27.382
8	546951.5	348786	62.064 m	308.87 m	286.0°	25.865	25.092
9	546891.8	348803	67.749 m	370.94 m	310.3°	19.119	18.89
10	546840.1	348846.8	113.01 m	438.69 m	309.7°	28.201	28.121
11	546753.2	348918.9	72.125 m	551.69 m	310.9°	25.073	24.503
12	546698.7	348966.1	62.396 m	623.82 m	311.7°	26.517	26.986
13	546652.1	349007.6	152.09 m	686.22 m	310.0°	27.999	27.836
14	546535.6	349105.3	159.29 m	838.3 m	310.2°	29.695	29.689
15	546414	349208.1	84.581 m	997.6 m	311.2°	29.747	29.621
16	546350.4	349263.8	58.506 m	1.082 km	309.9°	28.344	28.947
17	546305.5	349301.3	71.385 m	1.141 km	307.3°	26.057	24.923
18	546248.7	349344.5	60.954 m	1.212 km	320.1°	23.347	22.535
19	546209.6	349391.2	104.06 m	1.273 km	359.9°	28.703	24.893
20	546209.4	349495.2	143.36 m	1.377 km	359.4°	29.533	24.739
21	546207.8	349638.5	28.459 m	1.52 km	0.5°	27.846	23.829
22	546208	349667	33.959 m	1.549 km	101.0°	27.845	23.819
23	546241.3	349660.5	21.248 m	1.583 km	112.0°	27.958	27.661
24	546261	349652.6	56.714 m	1.604 km	130.4°	27.809	27.476
25	546304.2	349615.8	38.582 m	1.661 km	128.2°	27.522	27.744
26	546334.5	349592	30.304 m	1.699 km	132.5°	27.95	28

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
27	546356.8	349571.5	41.263 m	1.73 km	134.3°	27.293	27.533
28	546386.4	349542.7	59.717 m	1.771 km	127.5°	24.051	23.964
29	546433.7	349506.4	53.851 m	1.831 km	129.3°	23.465	23.13
30	546475.4	349472.3	15.768 m	1.885 km	125.2°	28.015	28.129
31	546488.3	349463.2	17.134 m	1.9 km	72.0°	28.889	28.715
32	546504.6	349468.5	19.833 m	1.917 km	46.6°	28.685	28.743
33	546518.9	349482.1	4.94 m	1.937 km	94.4°	28.846	28.972
34	546523.9	349481.8	57.398 m	1.942 km	128.9°	28.854	28.958
35	546568.6	349445.8	127.16 m	2 km	130.3°	29.089	29.005
36	546665.5	349363.6	143.84 m	2.127 km	130.2°	28.359	27.948
37	546775.4	349270.8	98.676 m	2.271 km	130.2°	28.414	28.59
38	546850.7	349207.2	26.889 m	2.369 km	132.3°	28.671	28.695
39	546870.6	349189.1	29.163 m	2.396 km	123.1°	29.053	29.076
40	546895	349173.2	21.864 m	2.425 km	99.0°	29.04	28.839
41	546916.6	349169.8	29.433 m	2.447 km	100.0°	28.648	28.548
42	546945.6	349164.6	20.898 m	2.477 km	135.0°	28.676	28.011
43	546960.4	349149.9	22.519 m	2.498 km	100.2°	24.1	24.518
44	546982.5	349145.9	14.777 m	2.52 km	90.0°	23.685	23.135
45	546997.3	349145.9	20.405 m	2.535 km	102.9°	21.27	20.839
46	547017.2	349141.3	13 m	2.555 km	136.8°	19.284	19.061
47	547026.1	349131.9	11.092 m	2.568 km	187.9°	18.735	18.814
48	547024.6	349120.9	27.75 m	2.579 km	215.0°	18.803	19.434
49	547008.7	349098.2	17.972 m	2.607 km	198.5°	24.951	24.476
50	547003	349081.1	24.299 m	2.625 km	169.2°	27.046	27.073
51	547007.5	349057.3	3.808 m	2.649 km	185.7°	24.699	25.796
52	547007.2	349053.5	21.995 m	2.653 km	169.1°	24.557	25.099

Lanjutan Data Sampel Vegetasi 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
53	547011.3	349031.9	15.864 m	2.675 km	220.2°	21.701	20.663
54	547001.1	349019.8	24.77 m	2.691 km	263.9°	19.277	19.376
55	546976.5	349017.1	10.67 m	2.716 km	276.1°	17.886	18.22
56	546965.9	349018.3	16.323 m	2.726 km	291.8°	17.847	18.167
57	546950.7	349024.3	7.288 m	2.743 km	261.1°	18.483	19.056
58	546943.5	349023.2	8.723 m	2.75 km	182.5°	18.877	20.088
59	546943.1	349014.5	13.396 m	2.759 km	188.2°	18.824	19.647
60	546941.3	349001.2	8.942 m	2.772 km	143.6°	19.699	20.182
61	546946.6	348994	15.274 m	2.781 km	82.9°	18.052	18.582
62	546961.7	348995.9	13.267 m	2.796 km	91.7°	18.533	19.032
63	546975	348995.5	38.677 m	2.81 km	92.3°	20.308	20.15
64	547013.6	348994	14.019 m	2.848 km	90.0°	22.244	20.96
65	547027.6	348994	12.882 m	2.862 km	118.1°	22.13	20.984
66	547039	348988	18 m	2.875 km	149.7°	20.719	20.255
67	547048.1	348972.4	32.58 m	2.893 km	171.3°	20.242	20.474
68	547053	348940.2	7.774 m	2.926 km	137.0°	18.415	19.033
69	547058.3	348934.6	18.754 m	2.934 km	81.9°	16.551	17.368
70	547076.8	348937.2	29.954 m	2.952 km	71.6°	16.667	17.068
71	547105.2	348946.7	10.342 m	2.982 km	81.6°	16.19	16.469
72	547115.5	348948.2	17.184 m	2.993 km	104.1°	16.061	16.598
73	547132.1	348944	38.805 m	3.01 km	116.1°	18.418	18.067
74	547167	348927	37.756 m	3.049 km	118.0°	25.561	24.861
75	547200.3	348909.3	---	3.086 km	---	26.993	26.874

9. Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	546444.4	348526.8	37.174 m	---	168.1°	29.678	29.918
2	546452.1	348490.5	20.024 m	37.174 m	218.6°	28.975	28.549
3	546439.6	348474.8	22.453 m	57.198 m	245.6°	27.632	27.075
4	546419.2	348465.5	32.656 m	79.651 m	252.0°	27.016	25.989
5	546388.2	348455.4	8.242 m	112.31 m	255.1°	27.546	26.875
6	546380.2	348453.3	12.203 m	120.55 m	315.9°	27.669	26.514
7	546371.7	348462.1	3.548 m	132.75 m	309.6°	29.284	27.908
8	546369	348464.3	4.94 m	136.3 m	279.2°	29.455	28.224
9	546364.1	348465.1	2.754 m	141.24 m	271.7°	29.342	28.256
10	546361.3	348465.2	3.698 m	143.99 m	268.8°	29.5	28.214
11	546357.7	348465.1	4.743 m	147.69 m	275.7°	29.504	28.129
12	546352.9	348465.6	5.351 m	152.43 m	271.7°	29.57	28.114
13	546347.6	348465.7	5.349 m	157.78 m	270.0°	29.543	28.044
14	546342.2	348465.7	5.554 m	163.13 m	282.3°	29.361	28.043
15	546336.8	348466.9	5.523 m	168.69 m	287.4°	29.165	28.165
16	546331.5	348468.6	3.649 m	174.21 m	277.5°	28.987	28.107
17	546327.9	348469	4.801 m	177.86 m	268.1°	28.767	27.873
18	546323.1	348468.9	8.19 m	182.66 m	267.3°	28.264	27.519
19	546315	348468.5	8.187 m	190.85 m	261.7°	27.152	26.923
20	546306.9	348467.3	5.369 m	199.04 m	265.0°	25.524	26.128
21	546301.5	348466.8	6.174 m	204.4 m	225.5°	24.532	25.58
22	546297.1	348462.5	4.07 m	210.58 m	221.1°	23.589	24.416
23	546294.4	348459.5	3.687 m	214.65 m	191.1°	23.012	23.767
24	546293.7	348455.8	5.275 m	218.33 m	182.6°	22.347	22.887
25	546293.5	348450.6	5.496 m	223.61 m	171.0°	21.481	21.738
26	546294.4	348445.1	2.27 m	229.11 m	166.0°	20.548	20.697

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
27	546294.9	348442.9	2.814 m	231.38 m	116.6°	20.259	20.416
28	546297.4	348441.7	2.078 m	234.19 m	150.5°	20.109	20.089
29	546298.4	348439.9	1.614 m	236.27 m	223.0°	19.789	19.883
30	546297.3	348438.7	1.591 m	237.88 m	261.5°	19.548	19.839
31	546295.8	348438.5	5.239 m	239.47 m	305.9°	19.595	19.874
32	546291.5	348441.5	5.738 m	244.71 m	303.3°	20.209	20.311
33	546286.7	348444.7	4.351 m	250.45 m	319.4°	20.854	21.207
34	546283.9	348448	2.191 m	254.8 m	339.0°	21.743	22.348
35	546283.1	348450	5.95 m	256.99 m	24.2°	22.27	22.953
36	546285.6	348455.4	8.162 m	262.94 m	27.6°	23.191	23.89
37	546289.3	348462.7	8.935 m	271.1 m	36.8°	24.539	25.115
38	546294.7	348469.8	4.978 m	280.04 m	58.6°	25.487	26.185
39	546298.9	348472.4	3.026 m	285.02 m	62.1°	25.417	26.532
40	546301.6	348473.8	10.644 m	288.04 m	59.9°	25.692	26.901
41	546310.8	348479.2	2.914 m	298.69 m	3.1°	27.151	27.935
42	546310.9	348482.1	5.718 m	301.6 m	277.9°	27.707	28.06
43	546305.3	348482.9	6.552 m	307.32 m	265.2°	28.043	27.816
44	546298.8	348482.3	6.841 m	313.87 m	244.6°	28.569	27.742
45	546292.6	348479.4	4.619 m	320.71 m	227.1°	28.744	27.612
46	546289.2	348476.3	5.9 m	325.33 m	222.9°	28.525	27.538
47	546285.2	348471.9	7.011 m	331.23 m	226.8°	28.144	27.274
48	546280.1	348467.1	3.885 m	338.24 m	248.7°	27.791	26.871
49	546276.5	348465.7	8.755 m	342.13 m	261.2°	27.921	26.898
50	546267.8	348464.4	6.741 m	350.88 m	262.6°	28.22	27.255
51	546261.1	348463.5	6.53 m	357.62 m	268.6°	28.387	27.557
52	546254.6	348463.4	6.547 m	364.15 m	254.0°	28.736	27.93

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
53	546248.3	348461.6	1.836 m	370.7 m	260.2°	28.597	27.839
54	546246.5	348461.2	3.226 m	372.54 m	358.6°	28.569	27.786
55	546246.4	348464.5	6.214 m	375.76 m	0.7°	28.93	27.972
56	546246.5	348470.7	4.372 m	381.98 m	8.3°	28.896	27.997
57	546247.1	348475	6.719 m	386.35 m	38.4°	28.651	27.878
58	546251.3	348480.3	4.286 m	393.07 m	47.3°	28.693	27.843
59	546254.5	348483.2	13.046 m	397.35 m	51.6°	28.738	27.492
60	546264.7	348491.3	2.518 m	410.4 m	38.7°	28.521	27.456
61	546266.2	348493.2	2.781 m	412.92 m	81.9°	28.361	27.383
62	546269	348493.6	3.171 m	415.7 m	66.6°	28.778	27.796
63	546271.9	348494.9	3.739 m	418.87 m	22.3°	28.823	28.052
64	546273.3	348498.3	3.703 m	422.61 m	347.8°	28.484	27.836
65	546272.5	348502	6.851 m	426.31 m	12.6°	28.056	27.256
66	546274	348508.6	12.406 m	433.16 m	20.3°	27.704	27.475
67	546278.3	348520.3	3.893 m	445.57 m	0.0°	28.402	28.19
68	546278.3	348524.2	4.221 m	449.46 m	303.0°	28.582	28.113
69	546274.8	348526.5	33.326 m	453.68 m	22.5°	28.236	27.417
70	546287.5	348557.3	27.438 m	487.01 m	33.7°	28.372	27.436
71	546302.7	348580.1	21.291 m	514.44 m	27.2°	28.619	28.154
72	546312.5	348599	18.037 m	535.74 m	16.0°	28.446	27.272
73	546317.4	348616.3	4.645 m	553.77 m	17.8°	28.418	27.011
74	546318.8	348620.8	9.264 m	558.42 m	43.5°	28.13	26.768
75	546325.2	348627.5	6.393 m	567.68 m	48.4°	28.301	27.244
76	546330	348631.7	8.715 m	574.08 m	24.0°	28.843	27.93
77	546333.5	348639.7	11.332 m	582.79 m	14.5°	28.909	28.005
78	546336.4	348650.7	12.585 m	594.12 m	25.9°	28.677	27.759

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
79	546341.8	348662	11.117 m	606.71 m	13.8°	28.514	28.475
80	546344.5	348672.8	4.143 m	617.82 m	340.0°	28.811	28.527
81	546343.1	348676.7	6.413 m	621.97 m	332.0°	28.774	28.18
82	546340.1	348682.3	6.558 m	628.38 m	356.9°	28.453	27.326
83	546339.7	348688.9	9.23 m	634.94 m	4.4°	28.379	27.413
84	546340.4	348698.1	3.644 m	644.17 m	29.1°	28.158	27.464
85	546342.2	348701.3	3.404 m	647.81 m	81.1°	28.115	27.494
86	546345.6	348701.8	2.503 m	651.22 m	98.2°	28.59	27.934
87	546348	348701.4	2.77 m	653.72 m	63.5°	28.888	28.265
88	546350.5	348702.7	3.045 m	656.49 m	35.6°	28.899	28.344
89	546352.3	348705.2	5.169 m	659.53 m	322.0°	28.753	28.137
90	546349.1	348709.2	3.003 m	664.7 m	45.0°	27.858	27.304
91	546351.2	348711.3	5.217 m	667.71 m	65.3°	27.728	27.119
92	546356	348713.5	3.539 m	672.92 m	90.0°	27.615	27.092
93	546359.5	348713.5	7.655 m	676.46 m	99.5°	27.656	27.349
94	546367	348712.3	12.416 m	684.12 m	112.4°	28.506	27.959
95	546378.5	348707.5	7.681 m	696.53 m	125.0°	29.609	29.057
96	546384.8	348703.1	12.29 m	704.21 m	148.4°	29.834	29.593
97	546391.3	348692.7	10.822 m	716.5 m	147.5°	29.769	29.96
98	546397.1	348683.6	12.152 m	727.33 m	166.2°	29.888	29.921
99	546400	348671.8	3.039 m	739.48 m	190.5°	29.917	29.858
100	546399.4	348668.8	4.586 m	742.52 m	211.0°	29.886	29.863
101	546397.1	348664.9	5.628 m	747.1 m	206.6°	30.003	29.86
102	546394.6	348659.8	6.065 m	752.73 m	189.7°	30.002	29.869
103	546393.5	348653.8	10.956 m	758.8 m	176.3°	29.968	29.914
104	546394.2	348642.9	2.181 m	769.75 m	205.7°	29.936	29.969

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
105	546393.3	348641	4.044 m	771.93 m	256.5°	29.951	29.972
106	546389.4	348640	7.004 m	775.98 m	272.0°	29.949	29.977
107	546382.4	348640.2	7.636 m	782.98 m	288.6°	30.168	29.982
108	546375.1	348642.7	4.981 m	790.62 m	285.6°	30.254	29.978
109	546370.3	348644	6.334 m	795.6 m	255.6°	30.056	29.975
110	546364.2	348642.4	5.197 m	801.93 m	267.4°	29.812	29.98
111	546359	348642.2	2.812 m	807.13 m	170.4°	29.818	29.924
112	546359.5	348639.4	6.398 m	809.94 m	112.8°	29.949	29.934
113	546365.4	348637	15.223 m	816.34 m	104.4°	30.184	29.995
114	546380.1	348633.2	11.263 m	831.56 m	112.8°	30.401	29.992
115	546390.5	348628.8	1.865 m	842.83 m	124.7°	30.119	29.987
116	546392	348627.8	3.389 m	844.69 m	166.9°	30.082	29.987
117	546392.8	348624.5	8.926 m	848.08 m	191.2°	30.018	29.99
118	546391.1	348615.7	6.369 m	857.01 m	202.8°	30.095	30.003
119	546388.6	348609.8	4.25 m	863.38 m	219.0°	30	30.057
120	546385.9	348606.5	4.827 m	867.63 m	253.0°	30.03	30.099
121	546381.3	348605.1	13.875 m	872.45 m	266.1°	30.138	30.126
122	546367.5	348604.2	17.234 m	886.33 m	266.4°	30	30.139
123	546350.3	348603.1	13.555 m	903.56 m	266.5°	29.773	29.926
124	546336.8	348602.2	8.967 m	917.12 m	180.7°	29.715	29.682
125	546336.7	348593.3	4.877 m	926.08 m	179.4°	29.668	29.391
126	546336.7	348588.4	17.202 m	930.96 m	89.0°	29.567	29.426
127	546353.9	348588.7	55.17 m	948.16 m	89.2°	29.791	29.973
128	546409.1	348589.6	3.82 m	1.003 km	76.6°	30.009	30.366
129	546412.8	348590.4	6.012 m	1.007 km	47.4°	29.989	30.371
130	546417.2	348594.5	8.763 m	1.013 km	46.7°	29.936	30.3

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
131	546423.6	348600.5	12.144 m	1.022 km	161.3°	30.013	30.201
132	546427.5	348589	4.196 m	1.034 km	155.8°	30.125	30.424
133	546429.2	348585.2	5.562 m	1.038 km	171.9°	30.269	30.498
134	546430	348579.7	4.372 m	1.044 km	171.7°	30.344	30.602
135	546430.6	348575.4	10.093 m	1.048 km	167.0°	30.322	30.639
136	546432.9	348565.5	6.871 m	1.058 km	164.1°	30.396	30.471
137	546434.8	348558.9	5.185 m	1.065 km	157.7°	30.378	30.357
138	546436.7	348554.1	11.79 m	1.07 km	161.3°	30.153	30.273
139	546440.5	348543	16.632 m	1.082 km	166.4°	30.05	30.089
140	546444.4	348526.8	0 m	1.099 km	166.4°	29.678	29.918
141	546444.4	348526.8	---	1.099 km	---	29.678	29.918

10. Data Sampel Lahan Kosong 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial (m)
1	547339.8	348390.117	33.767 m	---	106.5°	28.552	28.4
2	547372.2	348380.564	6.393 m	33.767 m	138.4°	28.622	28.703
3	547376.4	348375.788	14.501 m	40.16 m	113.8°	28.667	28.641
4	547389.7	348369.95	9.854 m	54.661 m	117.3°	28.496	28.413
5	547398.4	348365.439	4.536 m	64.515 m	159.5°	28.375	28.255
6	547400	348361.193	6.053 m	69.051 m	105.3°	28.296	28.203
7	547405.9	348359.601	23.841 m	75.105 m	198.9°	28.287	28.1
8	547398.2	348337.045	13.538 m	98.946 m	208.1°	28.031	28.106
9	547391.8	348325.104	15.094 m	112.48 m	203.9°	28.103	28.109
10	547385.7	348311.305	6.851 m	127.58 m	144.5°	28.212	28.05
11	547389.7	348305.732	13.562 m	134.43 m	220.3°	28.154	27.923
12	547380.9	348295.383	15.026 m	147.99 m	212.0°	28.401	28.024
13	547372.9	348282.646	5.447 m	163.02 m	227.0°	28.475	28.103
14	547369	348278.931	10.701 m	168.46 m	246.6°	28.482	28.178
15	547359.1	348274.685	11.436 m	179.17 m	248.2°	28.569	28.428
16	547348.5	348270.439	9.061 m	190.6 m	355.0°	28.884	28.781
17	547347.7	348279.461	46.584 m	199.66 m	291.8°	28.853	28.846
18	547304.5	348296.71	36.182 m	246.25 m	18.9°	29.228	29.295
19	547316.2	348330.942	37.318 m	282.43 m	21.3°	28.9	28.809
20	547329.7	348365.704	26.424 m	319.75 m	22.5°	28.74	28.625
21	547339.8	348390.117	0 m	346.17 m	22.5°	28.552	28.4
22	547339.8	348390.117	---	346.17 m	---	28.552	28.4

11. Data Sampel Lahan Kosong 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	546483.5	348405.9	10.576 m	---	128.7°	28.802	26.759
2	546491.8	348399.3	6.922 m	10.576 m	119.6°	29.183	27.943
3	546497.8	348395.9	8.023 m	17.498 m	118.1°	29.144	28.453
4	546504.9	348392.1	11.473 m	25.521 m	120.3°	29.396	28.132
5	546514.8	348386.3	8.148 m	36.995 m	124.4°	29.629	28.827
6	546521.5	348381.7	5.609 m	45.143 m	157.8°	29.935	29.478
7	546523.6	348376.5	10.559 m	50.752 m	219.6°	30.055	29.978
8	546516.9	348368.4	7.87 m	61.311 m	220.2°	30.446	30.025
9	546511.8	348362.4	10.612 m	69.182 m	208.6°	30.649	30.179
10	546506.8	348353.1	6.316 m	79.793 m	237.2°	30.497	30.444
11	546501.5	348349.7	7.114 m	86.11 m	275.7°	30.413	30.432
12	546494.4	348350.4	13.13 m	93.224 m	274.1°	30.312	30.405
13	546481.3	348351.3	7.742 m	106.35 m	277.9°	30.217	30.305
14	546473.6	348352.4	3.015 m	114.1 m	300.6°	30.315	30.261
15	546471	348353.9	10.271 m	117.11 m	272.0°	30.322	30.252
16	546460.8	348354.3	4.86 m	127.38 m	275.6°	30.263	30.189
17	546455.9	348354.7	5.9 m	132.24 m	281.6°	30.142	30.165
18	546450.2	348355.9	5.53 m	138.14 m	259.0°	30.14	30.064
19	546444.7	348354.8	3.405 m	143.67 m	346.0°	30.128	30.055
20	546443.9	348358.1	2.432 m	147.08 m	50.9°	29.905	29.857
21	546445.8	348359.7	3.957 m	149.51 m	26.6°	30.083	29.796
22	546447.6	348363.2	3.686 m	153.47 m	309.8°	30.147	29.667
23	546444.7	348365.6	3.957 m	157.15 m	349.7°	29.74	29.489
24	546444	348369.5	14.933 m	161.11 m	5.5°	29.505	29.298
25	546445.4	348384.3	3.619 m	176.04 m	71.0°	29.107	28.524
26	546448.9	348385.5	3.22 m	179.66 m	81.6°	29.207	28.553

Lanjutan Data Sampel Lahan Kosong 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
27	546452	348386	5.673 m	182.88 m	45.0°	29.296	28.602
28	546456.1	348390	4.096 m	188.56 m	11.7°	29.14	28.402
29	546456.9	348394	3.929 m	192.65 m	48.7°	28.692	28.123
30	546459.8	348396.6	4.013 m	196.58 m	65.7°	28.387	27.997
31	546463.5	348398.2	5.707 m	200.59 m	60.3°	28.323	27.953
32	546468.4	348401.1	5.62 m	206.3 m	51.0°	28.357	27.837
33	546472.8	348404.6	4.229 m	211.92 m	67.0°	28.405	27.471
34	546476.7	348406.3	6.852 m	216.15 m	93.0°	28.617	27.042
35	546483.5	348405.9	---	223 m	---	28.802	26.759

12. Data Sampel Bangunan 1

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	547449.9	349174.7	10.017 m	---	136.9°	26.447	26.205
2	547456.8	349167.3	13.525 m	10.017 m	219.4°	26.493	25.894
3	547448.2	349156.9	11.186 m	23.542 m	313.0°	26.097	25.811
4	547440	349164.5	14.183 m	34.728 m	44.3°	26.333	26.172
5	547449.9	349174.7	0 m	48.911 m	44.3°	26.447	26.205
6	547449.9	349174.7	---	48.911 m	---	26.447	26.205

13. Data Sampel Bangunan 2

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	548224.9	349223.6	16.074 m	---	134.8°	24.266	24.247
2	548236.3	349212.2	9.288 m	16.074 m	224.7°	24.046	23.635
3	548229.7	349205.6	15.487 m	25.362 m	311.7°	23.929	23.264
4	548218.2	349215.9	10.144 m	40.849 m	41.3°	24.478	24.124
5	548224.9	349223.6	0 m	50.993 m	41.3°	24.266	24.247
6	548224.9	349223.6	---	50.993 m	---	24.266	24.247


14. Data Sampel Bangunan 3

No.	X	Y	Length	Total Length	Heading	Elevation of LiDAR (m)	Elevation of Aerial Photo (m)
1	547722.8	349802.5	42.658 m	---	150.0°	25.9	25.797
2	547744.1	349765.6	14.776 m	42.658 m	242.4°	25.53	25.977
3	547731	349758.7	42.148 m	57.435 m	330.9°	26.215	26.007
4	547710.5	349795.5	14.107 m	99.582 m	60.5°	26.138	25.958
5	547722.8	349802.5	0 m	113.69 m	60.5°	25.97	25.797
6	547722.8	349802.5	---	113.69 m	---	25.58	25.797

Lampiran 2. Spesifikasi Data

Spesifikasi	Keterangan
Kecepatan Perekaman	250 km/jam
Ketinggian	750 m
Lensa ccd pixel	50 m
Focal Length	0.05 m
GSD	7.8 cm
Overlap	69.76%
Sidelap	32.17%
Trigger Distance	183.04 m
GSD Threshold	10%
Lazer PRF	275 kHz
Mean Pt Density	8 Pts/m ²

Lampiran 3. Titik Kontrol

UJAH TITIK KONTROL			
 <p>BADAN INFORMASI GEOSPASIAL</p>		<p>BADAN INFORMASI GEOSPASIAL PUSAT JARING KONTROL GEODESI DAN GEODINAMIKA</p> <p>Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46 Cibinong 16911 Po. Box 46 cbi Telp (021) 87907790 Rm (021) 87907790 email: info@big.go.id</p>	
		<p>Kode Pilar</p> <p>5719</p>	
DESKRIPSI TITIK			
Kode Titik	5719		
Tanggal Pemasangan	12/28/1988		
Kondisi Pilar	N/A		
Keterangan Pilar	TERLETAK DI HALAMAN SDN.NO.016314 DOLOK STATE, SEBELAH KIRI JALAN ARAH TEBING TINGGI-		
DESKRIPSI LOKASI			
Alamat	HALAMAN SDN. NO.016314 DOLOK STATE		
Desa	LIMA PULUH KOTA	Kab/Kota	ASEHAN
Kecamatan	LIMA PULUH	Provinsi	SUMATERA UTARA
Urutan Lokasi	TERLETAK DI HALAMAN SDN.NO.016314 DOLOK STATE, SEBELAH KIRI JALAN ARAH TEBING TINGGI-SRIBANDAR PULO, PADA KM.122.10 DARI MEDAN.		
Jalan Menuju Lokasi			
Kemungkinan Lokasi			
NILAI KOORDINAT			
Geografis	Kartesian	UTM	
Bujur = 99.428832	x = -1043086.795514	Easting	: 547424.41625
Lintang = 3.160003	y = 6282316.266272	Northing	: 349284.09587
Tinggi Elipsoid (m) = 16.09	z = 348247.868906	Zone	: 47N
Tinggi Ortometris (m) = 27.354	Vx =	Faktor Skala	: 0.99962784
Sed tinggi = 22.2	Vy =	Konvergensi Meridian	: 0.02
Nilai Gaya Berat =	Vz =		
Status Koordinat = Final			
Datum Horizontal = SRG 2013			
Datum Tinggi =			
Asas epoch = 2012			
(Epoch Reference) = ITRF2008			
Update Terakhir =			
SKETSA PILAR			
Sketsa Umum	Sketsa Detail	Foto	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Magetan, 19 November 1994, penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Among Putra, SDN Kalang 2, SMPN 1 Magetan, dan SMAN 1 Magetan. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 di Teknik Geomatika, FTSP, ITS pada tahun 2013 terdaftar dengan NRP 3513100025. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif berorganisasi dan mengikuti kepanitian ditingkat departemen, fakultas, dan institut. Organisasi

dan kepanitian yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya Staf Medfo HIMAGE-ITS 14/15, Staf BPU JMMI ITS 14/15, Sekretaris Departemen Medfo HIMAGE-ITS 15/16, IC Pusat Gerigi ITS 2015, Koordinator Pemandu Jurusan Teknik Geomatika dan Teknik Geofisika 2015/2016, Fasilitator Reformasi (LKMM TM ITS 2016), dan Pemandu Ekspresi (LKMM TM ITS 2017). Penulis juga sebagai asisten dosen Mata Kuliah WTKI/Wastek Semester Genap 2016/2017. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa dan sebagai salah satu peserta di PIMNAS XXVIII. Pada tugas akhir ini penulis mengambil judul Analisis Perbandingan DTM (*Digital Terrain Model*) dari LiDAR (*Light Detection and Ranging*) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia dengan mengambil bidang Geospasial.

